

# 國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

## 碩士論文

緊急照明燈光學特性影響評估



Optical Characteristics Impact Factor Assessment for  
Emergency Lights

研究生：洪嘉飛

指導教授：陳俊勳 教授

共同指導：邱晨瑋 教授

中華民國 103 年 7 月

# 緊急照明燈光特性影響評估

## Optical Characteristics Impact Factor Assessment for Emergency Lights

研究生: 洪嘉飛  
指導教授: 陳俊勳  
共同指導: 邱晨瑋

Student : Chia-Fei Hung  
Advisor : Chiun-Hsun Chen  
Advisor : Chen-Wei Chiu

國立交通大學  
工學院產業安全與防災學程  
碩士論文



Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

In

Industrial Safety and Risk Management

July 2014

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 103 年 7 月

# 緊急照明燈光學特性影響評估

學生：洪嘉飛

指導教授：陳俊勳

共同指導：邱晨瑋

國立交通大學工學院產業安全與防災學程碩士班

## 摘要

本研究以配光曲線實驗進行緊急照明燈光學特性之研究，藉由該實驗，獲得燈具光強度空間分布，並藉由多組樣品進行實驗結果比對，評估燈具構造、光源規格、安裝方式，輸入電壓等因素對於燈具光學特性的影響。目前緊急照明燈產品驗證部分沒有任何關於光學特性檢測項目，相關產品在品質上參差不齊，緊急照明設計多以經驗或光通量公式來計算燈具盞數或位置，廠商完全無法提供一個有科學根據的安裝設計說明與限制，造成現場消防檢查或驗收程序、照明性能都有相當多的問題。建於前述緣由說明，本研究希望能藉此提供給燈具製造商、消防設計人員及消防主管機關、檢驗單位在產品設計、產品檢驗、法規訂定以及照度設計科學且明確的依循。

研究發現使用配光曲線實驗可快速取得燈具在不同方向之光強度值，適用於地表水平照度計算與照度分析。由實驗得知，不同安裝方向之照明燈具對於地表水平照度值影響甚大，嵌頂型燈具比壁掛型燈具表現較佳，在本研究實驗樣品中，部分壁掛型燈具在安裝高度 2.5 公尺時，就無法符合設置標準「應能提供避難路徑地表水平照度 2lx 以上」規定，可見光學檢測項目對於緊急照明燈具性能之重要。

此外，實驗發現目前的緊急照明燈在標稱功率與實際消耗功率有顯著差異，多數市售緊急照明燈具消耗功率不足標稱功率一半，實際總光通量僅有標稱值的 1/8，與實際設計使用的參考值有明顯落差，造成目前緊急照明燈現場設計與使用流於形式，無法提供緊急避難時所需之基本照明，由於照明設備失效導致人員避難時傷亡。

本研究建議為改善目前緊急照明燈的問題就必須由設備檢驗端著手，建立燈具光學特性檢測項目，將燈具安裝設置規定及限制條件明定在產品使用手冊或型錄上，使緊急照明燈可以被合理設計及使用，發揮緊急照明功能，協助民眾緊急逃生避難上能安全無虞。

關鍵字：緊急照明、緊急照明燈、照度、配光曲線、光強度空間分布、光強度

# Optical Characteristics Impact Factor Assessment for Emergency Lights

Student : Chia-Fei Hung

Advisor : Dr.Chun-Hsun Chen  
Dr.Chen-Wei Chiu

Degree Program of Industrial Safety and Risk Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

## ABSTRACT

This study shows the research of using candlepower distribution tests to study the characteristics of emergency lighting and lighting science. The spatial luminous intensity distribution of light intensity lamps was obtained. Through comparison of groups of samples with experimental results, lighting structure, light specifications, installation, input voltage and other factors affecting the optical characteristics of the lights were evaluated.

Currently there are no standard verification methods for the optical characteristics of emergency lights, which lead to products with a wide range of quality. The design of emergency lighting is mostly based on experience or flux formulas to calculate the number and location of light fixtures, manufactures are unable to provide a scientific explanation to their installation instructions and design constraints, resulting in considerable problems during fire inspection or acceptance procedures for lighting performance. In view of the foregoing reasons described, this study hopes to provide lighting manufacturers, firefighting designers, fire authorities, and inspection units a clear and scientific guideline to follow for emergency lights' product design, product testing, regulatory standards and illumination design science.

This study found that the use of candlepower distribution test can quickly obtain intensity values for lamps in different directions which are then used for surface illumination calculation and analysis of the illumination level. Another study found the impact on the surface level of illumination using different mounting directions varies greatly where top inlay model performed better than wall-mounted lighting fixtures; wall-mounted luminaire mounting height of 2.5 meters does not meet the standards of a ground level 21x luminance values specified above. This demonstrates the importance of optical characteristics tests on light performances.

In addition, the study found significant differences between emergency light's stated power consumption and its actual power consumption at nominal power; most commercially available emergency lighting's stated nominal power consumption is less than half of the actual consumption and the total flux is only around 1/8 of the stated value. This significant gap results in the current design of emergency lighting falls to a mere formality and the lights are unable to provide basic lighting required for emergency evacuations, and also causes casualties during evacuation due to equipment failure.

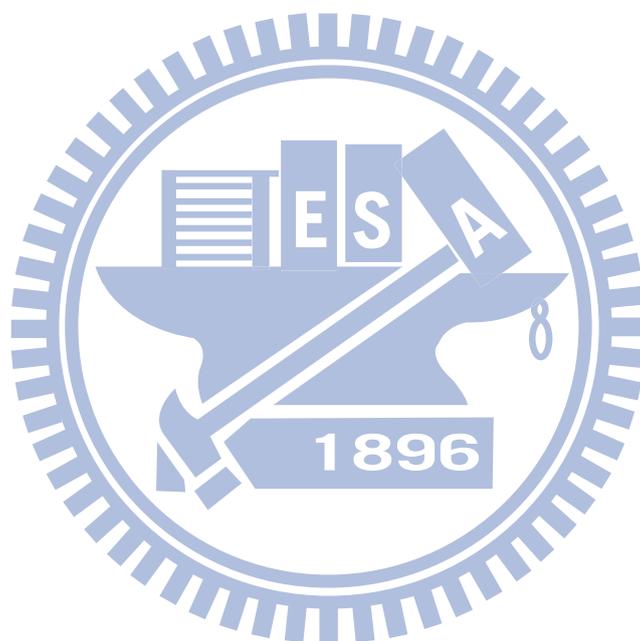
This study suggests that in order to improve the current emergency lighting problem, we must begin by changing the equipment inspection standard; establish a complete test item dedicated to optical characteristics, show light's installation setup requirements and restrictions in product manuals and catalogs so that emergency lights can be reasonably designed and used to perform the emergency lighting function and assure safe emergency escape evacuations.

Keyword : Emergency lighting, Emergency lights, Illumination, Candlepower distribution, Luminous intensity distributions, Luminous intensity

## 誌 謝

感謝恩師 陳教授俊勳、邱教授晨瑋兩位老師在二年求學生涯，不辭辛勞，諄諄教誨，特別是在論文指導期間，給予多方見解及不同思維模式，令我通達究理，思維更加縝密。此外，亦特別感謝 趙董事長鋼先生給予在職進修的機會，以及尤副執行長昭仁、洪組長文傑、蘇組長源在、洪組長銘懋提供相關資料協助與論文寫作指教，還有所有財團法人消防安全中心基金會所有同事，因為有你們協助讓我學識得以更加精進，並能一圓求學之夢，使其再精進。

最後，要感謝我最摯愛的妻子岑吟的支持與鼓勵，讓我能順利畢業取得學位，願將此論文獻給你們及關心我的所有好朋友，一同分享這份喜悅。



# 目錄

中文摘要 .....	i
英文摘要 .....	ii
誌謝 .....	iii
目錄 .....	iv
表目錄 .....	vi
圖目錄 .....	vii
附錄 .....	x
符號說明 .....	xi
一、 緒論 .....	1
1.1 研究動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究範圍及研究限制 .....	2
1.4 研究方法與流程 .....	4
二、 文獻探討 .....	5
2.1 光學基本理論 .....	5
2.2 相關文獻回顧 .....	11
2.3 緊急照明燈具及光源特性 .....	14
2.3.1 緊急照明燈具區分 .....	14
2.3.2 緊急照明燈具光源種類及特性 .....	18
2.4 各國緊急照明設置規定 .....	24
2.4.1 國內規定 .....	24
2.4.2 日本規定 .....	33
2.4.3 英國及歐盟規定 .....	45
2.4.4 NFPA 101 相關規定 .....	48
2.5 小結 .....	50
三、 研究方法與設定 .....	53
3.1 光強度分布實驗設備與原理概論 .....	53
3.1.1 光強度分布(配光曲線)基本計算概論 .....	53
3.1.2 配光曲線儀基本架構 .....	54

3.1.3	配光曲線檔案輸出格式說明.....	61
3.2	實驗樣品設定.....	61
3.2.1	樣品選擇.....	61
3.2.2	實驗設定.....	64
3.2.3	實驗環境與流程.....	65
3.3	實驗結果與應用.....	71
3.3.1	照度計算.....	71
3.3.2	排除因子.....	73
3.3.3	實驗結果的應用.....	73
四、	實驗結果與分析比對.....	74
4.1	配光曲線實驗結果.....	74
4.1.1	各組樣品實驗結果.....	74
4.1.2	實驗結果彙整與分析.....	84
4.2	地表面水平照度計算.....	85
4.3	製作燈具設置間隔表.....	96
五、	結論與建議.....	97
5.1	研究結論.....	97
5.2	研究建議.....	99
參考文獻	.....	101
附錄	.....	104

## 表目錄

表 1	各種光源之輝度大小.....	7
表 2	各種光源之色溫參考值.....	9
表 3	各種光源之演色性指數.....	10
表 4	不同演色性指數下之光源種類適用範圍.....	11
表 5	相關文獻摘要表.....	11
表 6	緊急照明燈主要種類(日本現況).....	17
表 7	高強度氣體放電燈泡效能一覽表.....	22
表 8	日本應設置緊急照明燈之場所.....	33
表 9	日本緊急照明燈具設置間隔表標示範例.....	34
表 10	日本樓梯配置表例.....	43
表 11	NFPA 101 有關於緊急照明部分條文摘譯.....	49
表 12	實驗樣品規格一覽表.....	62
表 13	實驗樣品電源規格與實驗電壓一覽表.....	65
表 14	實驗相關儀器設備一覽表.....	66
表 15	配光曲線實驗結果彙整表.....	84
表 16	嵌頂型 PL13W 地表水平照度計算一覽表.....	85
表 17	嵌頂型 PL13W(90%標稱電壓值)地表水平照度計算一覽表...	86
表 18	壁掛型 PL13W 地表水平照度計算一覽表.....	87
表 19	嵌頂型 LED 7.56W 地表水平照度計算一覽表.....	89
表 20	嵌頂型 LED 7.56W(90%標稱電壓值)地表水平照度計算 一覽表.....	90
表 21	壁掛型 LED7.56W 地表水平照度計算一覽表.....	91
表 22	嵌頂型 LED1.68W 地表水平照度計算一覽表.....	92
表 23	壁掛型 LED1.26W 地表水平照度計算一覽表.....	93
表 24	吸頂型 T5 14W(840 型)燈具地表水平照度計算一覽表.....	94
表 25	吸頂型 T5 14W(865 型)燈具地表水平照度計算一覽表.....	95
表 26	嵌頂型 LED 7.56W 設置間隔表.....	96
表 27	吸頂型 T5 14W(840 型)設置間隔表.....	96

## 圖目錄

圖 1.1	研究流程圖.....	4
圖 2.1.1	電磁波波長與可見光光譜之關係.....	5
圖 2.1.2	標準光度函數曲線或視覺函數曲線.....	6
圖 2.1.3	色度座標圖.....	8
圖 2.1.4	不同色溫與顏色比對示意圖.....	8
圖 2.1.5	相關色溫與色度空間對應圖.....	9
圖 2.3.1	嵌頂式筒燈.....	15
圖 2.3.2	嵌頂式 T 型燈組.....	15
圖 2.3.3	吸頂式山型燈具.....	15
圖 2.3.4	吸頂式圓形燈具.....	15
圖 2.3.5	懸吊式筒燈.....	15
圖 2.3.6	懸吊式日光燈具.....	15
圖 2.3.7	壁掛式緊急照明燈.....	16
圖 2.3.8	壁掛式可調整照明角度之緊急照明燈.....	16
圖 2.3.9	不同款式的螢光燈管.....	19
圖 2.3.10	電子式安定器.....	19
圖 2.3.11	傳統式安定器.....	19
圖 2.3.12	T8 與 T5 日光燈管.....	20
圖 2.3.13	PHILIPS PL13W 及 PL27W 螢光燈管.....	20
圖 2.3.14	白熾(鎢絲)燈泡基本構造.....	21
圖 2.3.15	鹵素燈泡及鹵素燈具.....	21
圖 2.3.16	水銀燈泡及高壓鈉氣燈泡.....	22
圖 2.3.17	Lamp 及 SMD 的 LED 產品.....	24
圖 2.4.1	光源反射示意圖.....	31
圖 2.4.2	照度法公式對照示意圖.....	32
圖 2.4.3	軸對稱配光之單體配置例.....	35
圖 2.4.4	雙面對稱配光之單體配置例.....	35
圖 2.4.5	單面對稱配光之單體配置例.....	36
圖 2.4.6	軸對稱配光之直線配置例.....	36
圖 2.4.7	雙面對稱配光之 A 斷面值線配置例.....	37
圖 2.4.8	雙面對稱配光之 B 斷面值線配置例.....	37

圖 2.4.9	單面對稱配光之 A 斷面值線配置例.....	38
圖 2.4.10	單面對稱配光之 B 斷面值線配置例.....	38
圖 2.4.11	走廊寬度超過 2 公尺時之直線配置例.....	39
圖 2.4.12	軸對稱配光之四角配置例.....	39
圖 2.4.13	雙面對稱配光之 A 斷面四角配置例.....	40
圖 2.4.14	雙面對稱配光之 B 斷面四角配置例.....	40
圖 2.4.15	單面對稱配光之 A 斷面四角配置例.....	41
圖 2.4.16	單面對稱配光之 B 斷面四角配置例.....	41
圖 2.4.17	距離牆壁 1 公尺以上設置時之四角配置例.....	42
圖 2.4.18	樓梯配置例.....	43
圖 2.4.19	樓梯器具配置與照度範圍.....	44
圖 2.4.20	樓梯階梯板面的照度確認.....	45
圖 2.4.21	英國及歐盟緊急照明燈應設地點示意圖.....	45
圖 2.4.22	最大與最小照度範圍示意圖.....	47
圖 2.4.23	英國及歐盟緊急照明燈具設置間隔表例.....	48
圖 2.4.24	英國及歐盟緊急照明燈具避難通道設置例.....	48
圖 2.4.25	英國及歐盟緊急照明燈具開闢空間設置例.....	48
圖 2.5.1	光基本特性說明圖例.....	50
圖 2.5.2	光特性參數相互轉換關係圖.....	50
圖 2.5.3	日光燈管與 LED 燈泡光強度分布圖.....	52
圖 3.1.1	配光曲線實驗結果表示圖例.....	54
圖 3.1.2	光通量計算原理示意圖.....	55
圖 3.1.3	CIE84 測量光通量的測角光度計原理和典型結構示意圖.....	56
圖 3.1.4	中心旋轉反光鏡式測角光度計示意圖.....	57
圖 3.1.5	中心旋轉反光鏡式測角光度計.....	58
圖 3.1.6	燈具旋轉式測角光度計原理及結構示意圖.....	58
圖 3.1.7	燈具旋轉式測角光度計.....	59
圖 3.1.8	雙鏡反射式測角光度計示意圖.....	59
圖 3.1.9	圓周運動反光鏡式測角光度計示意圖.....	60
圖 3.1.10	圓周運動反光鏡式測角光度計.....	60
圖 3.1.11	圓周運動反光鏡式測角光度計測試系統圖例.....	61
圖 3.2.1	燈具電功率量測安裝圖例.....	67

圖 3.2.2	本研究使用之配光曲線系統架構圖.....	68
圖 3.2.3	實驗燈具安裝配置照片.....	68
圖 3.2.4	本研究使用配光曲線儀量測(C- $\gamma$ 量測法)原理.....	69
圖 3.2.5	本研究使用配光曲線儀動作說明.....	70
圖 3.2.6	光度探測器(photometer).....	70
圖 3.3.1	空間內各種照度表示方式.....	71
圖 3.3.2	嵌頂型燈具照度計算表示.....	72
圖 3.3.3	壁掛型燈具照度計算表示.....	73
圖 4.1.1	嵌頂型 PL13W 燈具配光曲線圖.....	74
圖 4.1.2	壁掛型 PL13W 燈具配光曲線圖.....	75
圖 4.1.3	嵌頂型 LED108(7.56W)燈具配光曲線圖.....	76
圖 4.1.4	壁掛型 LED108(7.56W)燈具配光曲線圖.....	77
圖 4.1.5	嵌頂型 LED24(1.68W)燈具配光曲線圖.....	78
圖 4.1.6	壁掛型 LED18(1.26W)燈具配光曲線圖.....	79
圖 4.1.7	吸頂型 T5-840 燈管(14W)燈具配光曲線圖.....	80
圖 4.1.8	吸頂型 T5-865 燈管(14W)燈具配光曲線圖.....	81
圖 4.1.9	嵌頂型 PL13W(90%標稱電壓值)燈具配光曲線圖.....	82
圖 4.1.10	嵌頂型 LED 燈(90%標稱電壓值)燈具配光曲線圖.....	83
圖 4.2.1	嵌頂型 PL13W 地表水平照度值與距離之關係.....	86
圖 4.2.2	嵌頂型 PL13W(90%標稱電壓值)地表水平照度值與距離 之關係.....	87
圖 4.2.3	壁掛型 PL13W 地表水平照度值與距離之關係.....	88
圖 4.2.4	嵌頂型 LED 7.56W 地表水平照度值與距離之關係.....	89
圖 4.2.5	嵌頂型 LED 7.56W(90%標稱電壓值)地表水平照度值與 距離之關係.....	90
圖 4.2.6	壁掛型 LED 7.56W 地表水平照度值與距離之關係.....	91
圖 4.2.7	嵌頂型 LED 1.68W 地表水平照度值與距離之關係.....	92
圖 4.2.8	壁掛型 LED 1.26W 地表水平照度值與距離之關係.....	93
圖 4.2.9	吸頂 T5 14W(840 型)燈具地表水平照度值與距離之關係.....	94

## 附錄

附錄一	樣品 1 配光曲線實驗數據-光強度數據表.....	104
附錄二	樣品 1-2 配光曲線實驗數據-光強度數據表.....	105
附錄三	樣品 2 配光曲線實驗數據-光強度數據表.....	106
附錄四	樣品 3 配光曲線實驗數據-光強度數據表.....	107
附錄五	樣品 3-2 配光曲線實驗數據-光強度數據表.....	108
附錄六	樣品 4 配光曲線實驗數據-光強度數據表.....	109
附錄七	樣品 5 配光曲線實驗數據-光強度數據表.....	110
附錄八	樣品 6 配光曲線實驗數據-光強度數據表.....	111
附錄九	樣品 7-1 配光曲線實驗數據-光強度數據表.....	112
附錄十	樣品 7-2 配光曲線實驗數據-光強度數據表.....	113



## 符 號 說 明

$F, \phi$	光通量(Luminous flux)，單位：lm。
$\lambda$	波長(Wavelength)，單位：nm。
$y(\lambda)$	標準光度函數(Luminosity function)
$J(\lambda)$	光譜分布的功率強度(Spectral power distribution of the radiation) 單位：nm/W。
I	發光強度(Luminous intensity)，單位：cd。
$\omega$	立體角(Solid angle)
L	輝度、亮度(Luminance, photometric brightness)，單位：cd/m <sup>2</sup> 。
E	照度(Illumination intensity)，單位：lx。
m	光通量發散度(Luminous emittance)，單位：lm/m <sup>2</sup> 。
Ra	演色性(Color rendering index)
$I_v(\theta, \varphi)$	光強度空間分布(Luminous intensity distribution)
A	照明面積(Illuminated area)，單位：m。
M	維護率(Maintenance rate)，為維持原來平均照度的程度。
H	燈具發光面中心距地板面之距離(Distance from the ground to the center of the lamp)，單位：m。
S	人眼對彩色的感知能力，標準值 683.002 lm/w。
U	照明率(Utilization Factor)，為到達作業面光通量與總光通量之比。
K	光通量減少率，為全功率光通量值與緊急電源狀態下光通量之比。
D	燈具發光面中心地表投影位置至地表任一點之距離，單位：m。
C	燈具發光面中心點(光中心)在水平面上基準點與任一方向之夾角。
$\gamma, \theta$	燈具發光面中心點(光中心)法線方向(光軸)與任一方向之夾角。

# 一、緒論

## 1.1 研究動機

台灣地區地窄人稠，都市地區土地有限，建築物除日趨高聳外亦有向下發展之趨勢，其用途及空間使用性亦複雜化，如台北車站、101大樓、各大捷運高鐵共構之百貨商場等，內部空間深且路徑曲折，光是出入口就多達幾十處甚至更多，一般狀況下，人身陷其中就有迷途之機會，更何況緊急危難時，如突然間的電力不足或中斷狀態下，恐造成群眾恐慌避難，很難想像會發生什麼狀況，傷亡必然大幅產生，此時，建築物內部具有的緊急照明系統及避難引導指標就成為眾人之明燈，安全之依循。

目前國內緊急照明燈及避難引導指標等引導燈具是依據內政部公告之「緊急照明燈認可基準」及「出口標示燈及避難方向指示燈認可基準修正規定」辦理檢驗，並依據「各類場所消防安全設備設置標準」進行設置，針對緊急照明燈的部分為第一百七十五條至一百七十九條，其中「設置標準」定義緊急照明燈於照明時其地表面水平照度規定，但此部分於八十五年至今，認可基準、設置標準並無相關之檢測方式及科學之驗收流程，各縣市消防驗收及設計配置亦有多種方式，但至今還沒有一套完整、正確的驗收方式，造就執法單位、設計單位以及使用單位對緊急照明燈的印象就是應付消防驗收的功能，完全沒有作為緊急照明的作為以及驗證其功能性，製造廠商也因為法令的不周延，在商業的考量下就不斷的遊走在法令規定邊緣，降低品質、降低任何可以節省的成本，導致目前燈具完全沒實質作為提供緊急照明的功效，實際上情況相當嚴重。

此外，近幾年由於節能環保話題相當熱門，順帶讓發光二極體(Light-Emitting Diode，縮寫為「LED」)元件應用在照明技術上也趨近成熟，大量廠商投入生產製造使得取得價格低廉，所以現有的緊急照明燈也開始普遍使用LED作為發光來源，但由於LED有高度指向性及聚光性的特性，使得照明區域範圍集中且狹窄，發出之光全消耗在空間中，地面水平照度卻毫無動靜，使得目前業界對於LED作為光源之緊急照明燈使用有很多疑慮，很多場所甚至不允許使用已經認證之燈具在消防檢查現場。

由前述諸多問題，回到緊急照明最根本的設計需求以及必要性，當建築物需要緊急避難時若無法提供有效之照明，在複雜之避難環境中很有可能造成避難恐慌、嚴重之人員傷亡，實在是有進行深入研究跟修改目前方式的必要性。

由於本文研究者於財團法人消防安全中心擔任警報設備認可檢驗業務多年，接觸國內外消防設備、產品也不在少數，深覺國內許多消防產品雖然有檢驗標準為其品質、安全性把關，但仍有相當多的因素影響產品後端設置及安裝使用甚巨，有鑑於此，本研究希望從國際上對於照明器具試驗

之項目及條件上進行研究分析，配合市場上認可產品進行光學性能實驗，取得影響水平照度的光學特性與可能之變數，並提出如何以科學有說服力的方式來計算設計緊急照明燈的使用，以及相關具體可行之建議，期望能改善目前緊急照明燈的問題，使之發揮其原本該有的功效。

## 1.2 研究目的

緊急照明燈因光源種類、安裝方式、放電方法與時間、款式造型的不同，有其各式各樣的產品設計及特性，其展現之光學特性(如光通量、空間配光特性、地表面照度、輝度、炫光反應及光譜色性與均勻性等光學性能，以下簡稱為「光特性」)，均有所差異，且目前國內消防燈具使用之光源種類有由螢光燈管(日光燈管)轉換為 LED 燈的趨勢，其發光特性又有別於一般螢光燈，因此光特性對照明器具極為重要，在一般照明的領域，無論國內外，相關研究及使用已相當熱絡且具規模。因此學生將以日本 JIL、UL、CIE、CNS 等國際規範進行光學特性之試驗研究，以量測光特性的方式與技術，針對目前國內常見之緊急照明燈進行之光學特性研究，研究之目的界定如下：

1. 針對目前國際常用之照明器具光特性量測之試驗方法進行彙整及評估，並選定最合適之試驗方式進行後續試驗，並評估可能造成光特性影響因素之種類做為後續試驗之參考。
2. 擬使用照明器具決定光特性之配光曲線量測設備進行後續之光特性試驗，並以不同光源、安裝方式、機械架構等因素進行實驗，並取得相關數據資料，分析研究在前述不同條件下其光特性影響程度。
3. 以配光曲線實驗量測燈具的光特性基本性能，並採用其照明原理計算燈具照明區域內的地表水平照度值，作為未來緊急照明燈具設計設置規劃的參考。

## 1.3 研究範圍及研究限制

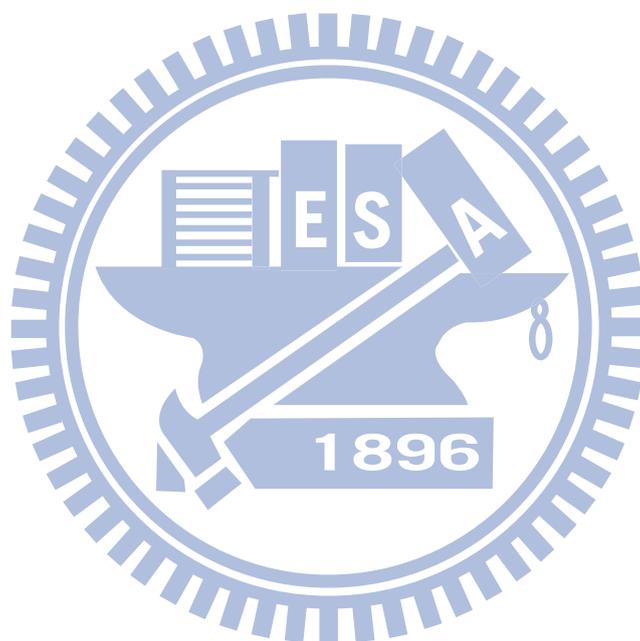
### 1. 研究範圍：

本研究係針對目前國內所使用之緊急照明燈，就光源種類、安裝方式、放電時間等不同條件架構下所表現之光特性進行研究分析，並針對各類場所消防安全設備設置標準中所提及之應用範圍及業界驗收性能之標準進行研究，將相關研究結果於緊急照明燈認可基準或相關驗收標準提出更完善之修正建議，以提供相關單位參考。

### 2. 研究限制：

- (1) 本研究為實驗緊急照明燈於光源種類、安裝方式、機械架構、放電時間等不同所表現之光特性，為簡化評估過程的不確定因素，故排除現場空氣品質(如灰塵、煙濃度等因素)及現場環境溫度對燈具光特性之影響，另外本研究之測試因為在標準實驗室內進行，四周以不具反射光源之黑色布幕或塗料安裝，故試驗結果將排除現場不同反射材料對光特性之影響。

- (2) 為求各組樣品可以有相同的實驗位準可供分析比較，故本研究將以燈具的額定放電電壓作為實驗設定電壓，而不以實際電池放電之動態電壓作為實驗電壓，因為配光曲線試驗時間長，且動態電壓下不能充分取得燈具光特性的基本數值，必須固定電壓才能讓量測不確定性減少，方便進行結果數值分析。
- (3) 本研究實驗所使用之樣品為國內市面上常見的緊急照明燈，具通過消防主管機關或相關檢驗單位認可之產品型式，不包括因特殊場所或特殊用途、構造之緊急照明燈，例如防爆燈具、屋外型燈具。
- (4) 不考慮時間因素、現場環境因素(溫濕度、電壓穩定性等)及維護保養等耐久性因素，本研究是以新品進行實驗評估。



## 1.4 研究方法與流程

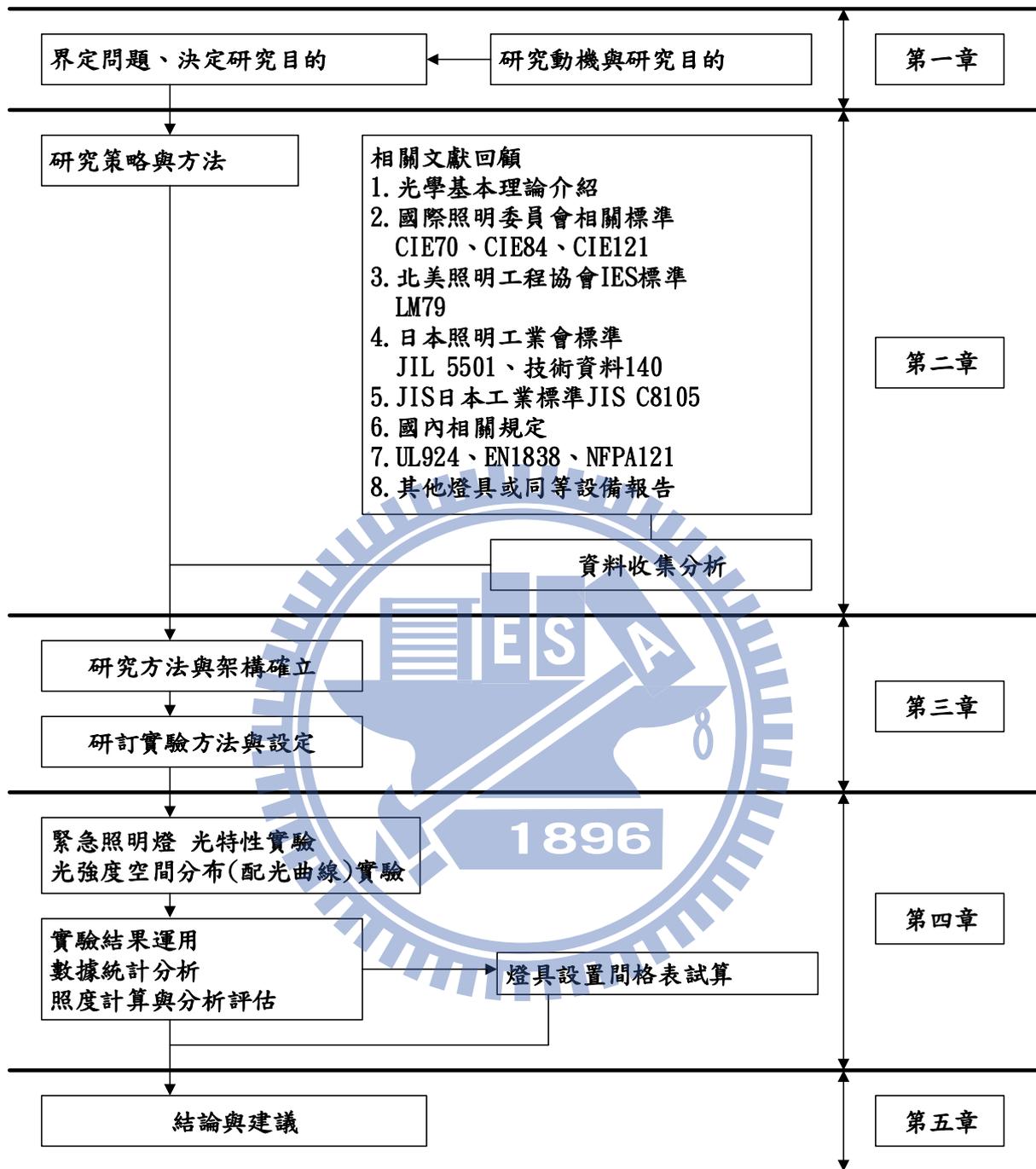


圖 1.1 研究流程圖  
資料來源:本研究者整理

## 二、文獻探討

### 2.1 光學基本理論

本章在於介紹光源的基本概念與照明有關的名詞定義及物理意義，以利後續研究探討說明及使用，有關於以下說明來源主要參考中國國家標準【CNS15250 發光二極體模組之光學與電性量測方法】及相關參考標準。

1. 光(light)：是一種能量，為電磁波、電磁輻射或類似之型式表現，其電磁波波長在 100 奈米(nm)到 380 奈米的光叫做紫外線，電磁波波長在 780 奈米到 3000 奈米的光叫做紅外線，而波長在 380 奈米到 780 奈米之間電磁波是人眼睛所能感覺得到的光，這一部份的光稱為可見光，而眼睛解釋不同波長的方式就是顏色，從通過紅、橙、黃、綠、藍，波長逐漸減少。由圖 2.1.1 可知，可見光僅佔電磁波範圍中一小部分範圍。

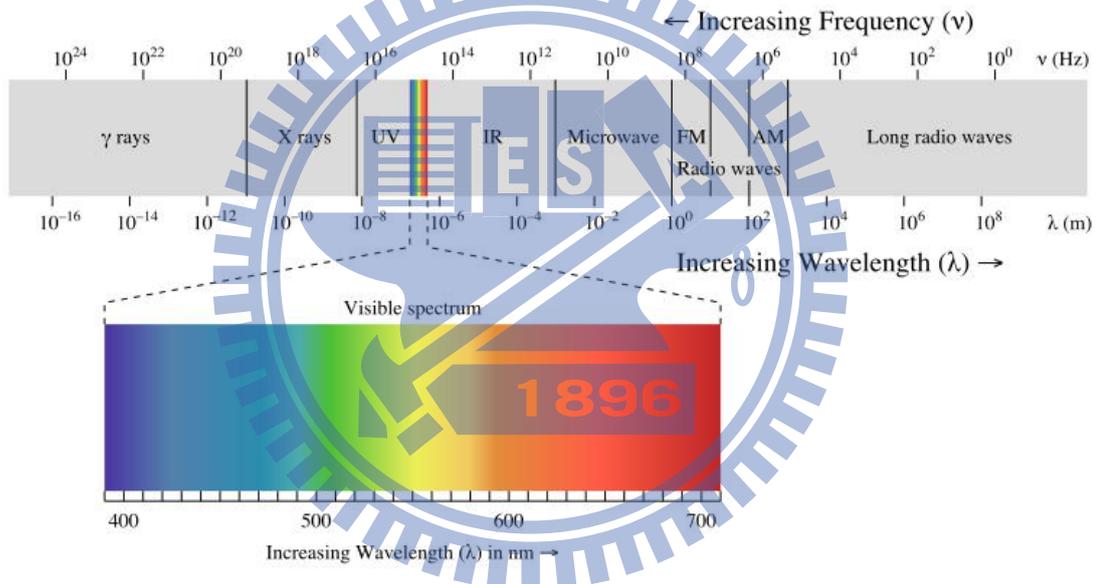


圖 2.1.1 電磁波波長與可見光光譜之關係<sup>1</sup>

資料來源：維基百科

2. 光學頻譜(Spectrum)：簡稱光譜，是複色光通過色散系統，如光柵或三稜鏡等具有一定幾何外形的介質進行分光後，所依照光的波長的大小順次排列形成的圖案。其光譜波長分為可見光譜、紅外線光譜及紫外線公普，其中可見光譜是以太陽光的色散實驗進行，太陽光呈現白色，當通過三稜鏡折射後，將形成由紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫順次連續分布的彩色光譜，覆蓋了大約在 390 奈米到 770 奈米的可見光區。
3. 光度函數(Luminosity function)：為人眼對不同波長光的平均視覺靈敏度，可用於將輻射能量轉化為可見光的計算函數。光通量或可見光亮度的計算，可由下述公式計算：

<sup>1</sup> 可見光光譜圖，2014.1，維基百科，[http://zh.wikipedia.org/wiki/File:EM\\_spectrum.svg](http://zh.wikipedia.org/wiki/File:EM_spectrum.svg)。

$$F = S \times \int_0^{\infty} \bar{y}(\lambda) J(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

式中：F 是光通量，單位流明(lm)；

S 是人眼對於彩色的感知能力，標準值為 683.002 lm/W；

$\lambda$  為波長，單位為奈米(nm)；

$y(\lambda)$  為標準光度函數；

$J(\lambda)$  光譜分布的功率強度，單位瓦每奈米；

從數學式上看，亮度為光度函數與光譜相乘後的內積。由於標準光度函數分布在 380nm 到 780nm 之間，也表示僅有此區段的光譜能夠被轉換為亮度，這亦表示僅此區段的光譜為可見光。標準光度函數以 555.016nm 處的強度最高，此點的強度被定義為 683 lm/W，由於此點的  $\bar{y}(\lambda)$  為 0.999997，以 683 除以 0.999997 所得的商為 683.002，即為常數 S。

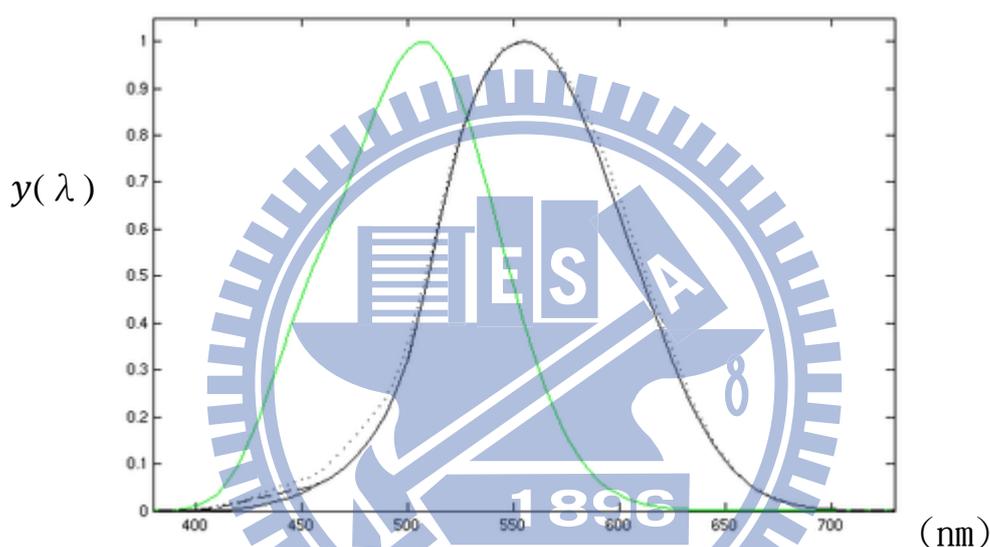


圖 2.1.2 標準光度函數曲線或視覺函數曲線<sup>2</sup>

資料來源：維基百科

4. 光通量(Luminous flux)：光通量是一種表示光功率的單位，有時稱為光束。光源發出的總光量總和稱之為全光通量(total luminous flux,  $\phi_v$ )，其單位是流明(lm)，光通量體現的是人眼感受到的功率。對大量具有正常視力的觀察者所做的實驗表明，在較明亮環境中人的視覺對波長為 555.0nm 左右的綠色光最敏感，這種人眼對各波長光譜敏感程度不同的性質可以由視見函數  $y(\lambda)$  表示。光通量就是用來表示輻射功率經過人眼的視見函數影響後的光譜輻射功率大小的物理量。
5. 光度(Luminous intensity)：又稱為「發光強度」、「光強度」，用於表示光源給在某一方向上單位立體角內發光強弱程度的物理量，或說明在指定方向之單位立體角所發射的光通量，其單位為燭光(candela, cd)。物理式如下：

<sup>2</sup> 標準光度函數曲線或視覺函數曲線，維基百科，2014.6，<http://zh.wikipedia.org/wiki/視見函數>。

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (2)$$

式中， $\Phi$  為光通量(lm)；  
 $\omega$  為立體角。

- 立體角(solid angle,  $\omega$ )：在半徑為  $d$  之球面上，一面積為  $A$  之圓形曲面(spherical surface area)，其周邊對球心的連線所包含的角度為立體角  $\omega=A/d^2$ 。單位立體角(sr)的定義為當  $A=d^2$  時之立體角。
- 輝度(Luminance, Photometric Brightness,  $L$ )：又稱為亮度，是表示人對發光體或被照射物體表面的發光或反射光強度實際感受的物理量，是單位投射面積上之光強度，單位為 nit，或 nt，為每平方公尺之燭光( $cd/m^2$ )。物理式如下：

$$L = \frac{d\Phi}{d\omega \times dscos(\theta)} \quad (3)$$

式中， $\Phi$  為光通量(lm)；  
 $\omega$  為立體角；  
 $\theta$  為指定方向與單位面積元  $ds$  法線方向的夾角。

表示各種光源之輝度大小，如表所示。

表 1 各種光源之輝度大小

光源	輝度(nit)( $cd/m^2$ )
太陽	160,000
碳極弧燈	18,000~120,000
鎢絲燈	200~2,000
碳絲燈泡	70
電泡球面	20~50
電石燈焰(Acetylene 瓦斯燈)	10
螢光燈	0.5~1.5
蠟燭的焰	0.5~1.0
藍天	0.8

資料來源：經濟部能源局，2008

- 照度(Illumination Intensity,  $E$ )：或稱「光照度」，係指在指定位置之單位面積內所接受的光通量，單位為勒克斯(lx)，1lx 定義為每平方公尺內所收之光通量為 1lm 時之照度。由光度與單位立體角的定義得在光度為  $I(cd)$  的均勻點光源，於半徑為  $d(m)$  的球心上，球面上所有點的照度  $E$  為

$$E = F/A = 4\pi I/4\pi R^2 = I/d^2(lx) \quad (4)$$

因此， $E$  與距離  $R$  的平方成反比。

- 亮度：光源在投光方向上單位面積( $S$ )，所發出之光通量密度，又稱為光束發散度或光束密度。通常某作業面之明暗程度均以照度表示，但為了

使人的眼睛有明暗的感覺程度，則會以光通量發散度(Luminous Emittance ,m)表示，其單位為( $lm/m^2$ )，每單位平方公尺之流明數。

10. 色度座標(Chromaticity coordinates)：以 CIE 15 中標準色度觀測者之色匹配函數所得之座標(x, y)。

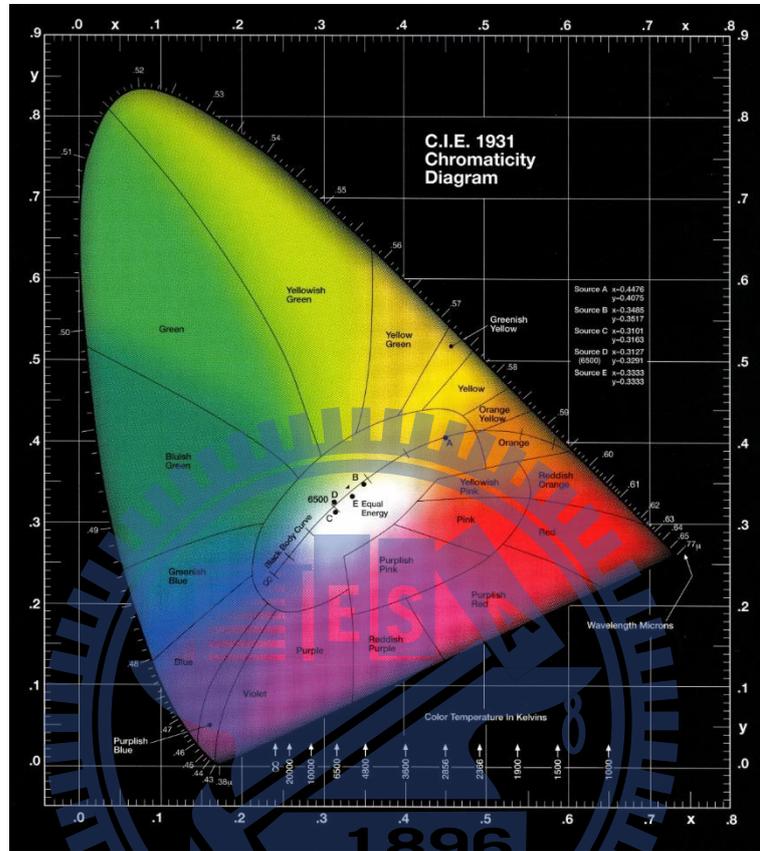


圖 2.1.3 色度座標圖

資料來源：CIE 1931<sup>3</sup>

11. 色溫(Color Temperature)：是以絕對溫度 K(Kelvin)來表示，是將一標準黑體(例如鐵)加熱，溫度升高至某一程度時顏色由深紅→淺紅→橙黃→白→藍白→藍逐漸改變，利用這種光色變化的特性，某種光源的光色與黑體的光色相同時，我們將黑體當時的絕對溫度稱為該光源之色溫。色溫在 3,000K 以下時，光色就開始有偏紅的現象如蠟燭、白熾燈泡，給人一種溫暖的感覺。色溫超過 5,000K 時顏色則偏藍光，如晝光色螢光燈，給人是一種清冷的感覺。

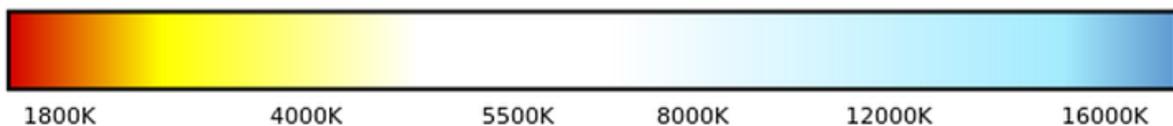


圖 2.1.4 不同色溫與顏色比對示意圖

<sup>3</sup> CIE 1931 色彩座標，1931 年，國際照明委員會。

表 2 各種光源之色溫參考值

光源	色溫(K)
太陽(正午時, 依計算)	6,200
太陽(正午時, 依地表面測定)	5,250
滿月(與地表面測定)	4,125
晴天	12,000
陰天	7,000
蠟燭	1,930
乙炔燈	2,350
瓦斯燈	2,160
60W 鎢絲燒燈泡	2,830
1,000W 單絲燒燈泡	3,080
溫白色日光燈	3,500
白色日光燈	4,500
晝光日光燈	6,500
400W 水銀燈	5,600
400W 螢光水銀燈	4,600

資料來源：經濟部能源局，2008

12. 相關色溫(correlated color temperature)：在 CIE uv(1960) 均勻色度空間內，光源之色度座標與距離普朗克軌跡(Plankian locus)最近處對應之黑體輻射的絕對溫度值，謂之該光源的相關色溫。

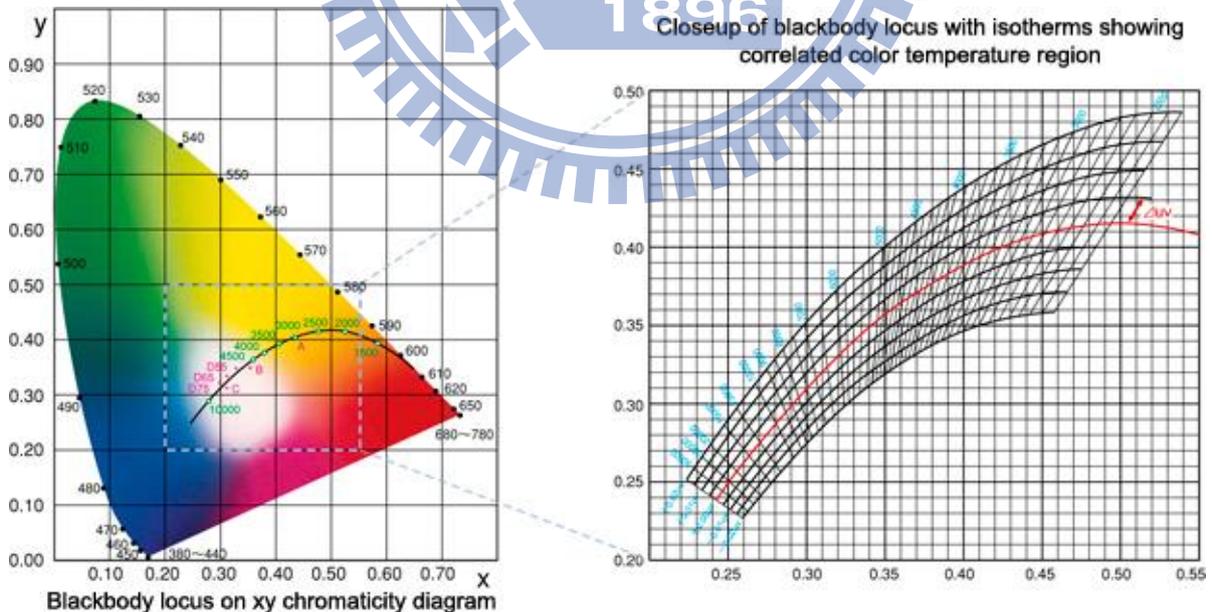


圖 2.1.5 相關色溫與色度空間對應圖

資料來源：CENTASIA 網站<sup>4</sup>

<sup>4</sup> 相關色溫與色度空間對應圖，2014.2，<http://www.centasiathai.com/en/product/chroma-meter-cl-200a>。

13. 發光效率：光源效率或又稱為燈具光輸出比，是用來評估燈具的能源效率的一項重要指標。其值是將裝有光源的燈具所發出的光通量除以所裝光源本身所消耗的電功率所得的商值。

發光效率(lm/W)=所產生的光通量(lm)÷消耗電功率(W)；

每一瓦電力所發出光的量，其數值越高，表示光源的效率愈高。所以對於使用時間較長之場所，如辦公室、走廊、道路、隧道等，發光效率通常是一個重要的考量因素。依據使用目的之不同，往往需選擇演色性高或容易進行配光控制的光源作為照明應用。

14. 演色性(color rendering index, Ra)：演色性是評估照明光源品質好壞的依據，或稱為演色性指數。國際照明協會（International Commission on Illumination，簡稱CIE）定義將自然界裡的太陽光視為最佳的照明品質，在太陽光的照射下，物體能呈現出令人賞心悅目的顏色。因此，演色性愈高，表示物體在該照明光源下顯示的顏色與在太陽光照射下的顏色愈接近；演色性愈低，表示物體在該照明光源下顯示顏色與太陽光照射下的顏色偏離愈遠。

演色性指數的量測方法係以待測光源與參考光源照射 CIE13.3 指定之顏色試片，以參考光源為100%，比對同一顏色試片在兩光源照射下所呈現之相對顏色差異指數。綜合前1至8號演色性指數之平均值為該待測光源之平均演色性指數。

國際照明協會將演色性量化為0至100的數值，當演色性指數為100時，代表光源品質是最好的，也就是與太陽光近乎相同；當演色性指數為0時，代表光源品質最差，與太陽光差異甚大。

表3 各種光源之演色性指數

演色性指數(Ra)	光種種類
80	日光燈三波長
65	日光燈白色
69	日光燈晝光色
99	色評價用
40	水銀燈泡
90	高演色性複金屬燈
65	複金屬燈
53	高演色性鈉光燈
25	鈉光燈
100	鹵素燈泡
100	燈泡

資料來源：東亞照明網站<sup>5</sup>

<sup>5</sup> 各種光源演色性指數，2014.6，東亞照明網站，<http://www.chinaelectric.com.tw/word.htm>。

表 4 不同演色性指數下之光源種類適用範圍

演色性指數(Ra)	用途範圍
Ra > 90	顏色檢查、臨床檢查、美術館
90 > Ra ≥ 80	印刷廠、紡織廠、飯店、商店、醫院、學校、精密加工、辦公大樓、住宅等
80 > Ra ≥ 60	一般作業場所
60 > Ra ≥ 40	粗加工工廠
40 > Ra ≥ 20	一般照明場所

資料來源：經濟部能源局，2008

15. 光強度空間分布(luminous intensity distribution,  $I_v(\theta, \varphi)$ ): 光強度隨空間角度變化，又稱配光曲線(candlepower distribution)。

16. 固態照明(Solid-state lighting, SSL): 是指使用固態電子元件，即半導體元件，例如發光二極體、有機發光半導體及高分子發光二極體等作為光源的照明技術。

## 2.2 相關文獻回顧

本研究主要探討緊急照明燈光源種類、安裝方式及配置於現場時光學特性，參考一般照明燈具評估照度的方式，以積分球以及測光角度計(又稱為配光曲線儀)來計算不同角度燈具的發光強度，進而以公式評估地表面水平照度值，分析目前市面上最常使用的緊急照明燈光學性能及相關性。

本節將回顧燈具光學測量發展與測試方法相關文獻，以及有緊急照明燈各國相關檢測標準、設置標準與研究文獻，彙整下表：

表 5 相關文獻摘要表

發表單位	標準名稱	文獻摘要
CIE 國際 照明委員會	CIE70-1987 <sup>6</sup> The measurement of absolute luminous intensity distribution 絕對發光強度量測	該技術標準包含了發光強度分布所需量測的技術。說明發光強度的測量原理和光度計(探測器)測量方式。描述量測系統使用的座標測量方式和發光強度分布。
CIE 國際 照明委員會	CIE 84-1989 <sup>7</sup> Measurement of Luminous Flux 光通量的量測	對照度分布積分法及其分布光度計的要求進行了明確的規定：待測光源和燈具無需嚴格位於虛擬球的中心，且對

<sup>6</sup> CIE70-1987 The measurement of absolute luminous intensity distribution, 1987 年版，國際照明委員會。

<sup>7</sup> CIE84-1989 Measurement of Luminous Flux, 1989 年版，國際照明委員會。

		燈中心到光度探測器間的測量距離不作嚴格的要求，最小測量距離只要滿足光度探測器繞著被測物旋轉的物理尺寸即可，但應注意在測量距離較近時，光度探測器應具有較好的餘弦校正。
CIE 國際 照明委員會	CIE 121-1996 <sup>8</sup> The photometry of goniophotometer of luminaires 照明燈具測角光度計的 測光	該技術提供大部分燈具和燈具光度量測程序，包含以下內容：標準測試條件下，應進行的測試，容許公差；燈和燈具地選擇程序；燈具配光特性量測程序和燈具並評估可能的誤差來源；校正因子和服務轉換係數；測試數據及結果說明。
IES 北美 照明工程協會	LM 79-2008 <sup>9</sup> Approved Methodl: Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products 固態照明產品的電器與 光度量測認定方法	該認定方法描述用於照明目的的固態照明產品(SSL)，總光通量、電功率、發光強度分布和色度量測時所應依循的程序和注意事項。該認定方法適用於基於LED的配備控制電子設備和散熱器的固態照明產品，即這些設備僅需要AC主電源與DC電源電壓即可運行。不適用於需要外部操作電路或外部散熱器的固態照明產品。(如LED芯片、LED包裝與LED模塊)
JIL 日本 照明工業會	JIL 5501-2009 <sup>10</sup> 非常用照明器具 技術基準	規定日本緊急照明燈及器具電氣安規及照明性能等相關規定與設計規定。

<sup>8</sup> CIE121-1996 The photometry of goniophotometer of luminaires, 1996 年版，國際照明委員會。

<sup>9</sup> LM79-2008 Approved Methodl: Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products, 2008 年版，IES 北美照明工程協會。

<sup>10</sup> JIL5501-2009 非常用照明器具技術基準，2009 年版，JIL 日本照明工業會。

JIL 日本 照明工業會	技術資料 140：2009 <sup>11</sup> 非常用照明器具 試驗細則	針對 JIL5501 的檢驗測試項目 規定其細節以及測試步驟。
JIS 日本工業標準	JIS C 8105-2011 <sup>12</sup> 照明器具-第 5 部： 配光測定方法	規定針對照明器具的光學特 性檢驗測試方法-配光測試方 式(光強度分布試驗)。
內政部消防署	各類場所消防安全設備 設置標準 <sup>13</sup>	該標準規定國內各種場所應 配備或設置消防安全設備的 最低要求，其中有關於緊急照 明燈照照度部分的規定在第 一百七十八條，將於後續章節 說明。
內政部消防署	緊急照明燈認可基準 <sup>14</sup>	該標準訂定了目前國內緊急 照明燈認可之依據，包含外觀 要求、構造要求及電氣特性規 定，但並無任何有關於光特性 及照度相關規定。
UL	UL 924 <sup>15</sup> Emergency Lighting and Power Equipment 緊急照明等與電力設備	規定緊急照明於現場使用時 最低設計照度以及設置區域、 放電時間、電氣安規等項目。
EN	EN 1838 <sup>16</sup> Lighting applications - Emergency lighting 燈具應用-緊急照明燈	該標準要求了不同環境與不 同運用領域中，疏散路線、防 恐慌照明及高風險領域的照 明規定。
NFPA	NFPA 101 <sup>17</sup> Life Safety Code 避難安全法規	該標準在緊急照明章節中，訂 定疏散路線的最低照度、均勻 對比、照明時間及相關測試規 定。
蘇源在	國內緊急照明燈設置標 準與檢測基準適用性研	該論文以測試方式得出目前 燈具以光束比計算地表平均

<sup>11</sup> 技術資料 140：2009 非常用照明器具試驗細則，2009 年版，JIL 日本照明工業會。

<sup>12</sup> JIS C8105-2011 照明器具-第 5 部：配光測定方法，2011 年版，日本工業會標準。

<sup>13</sup> 各類場所消防安全設備設置標準，2013 年版，內政部公告。

<sup>14</sup> 緊急照明燈認可基準，2012 年版，內政部公告標準。

<sup>15</sup> UL924 Emergency Lighting and Power Equipment，2009 年版，UL standard。

<sup>16</sup> EN1838 Lighting applications – Emergency lighting，2013 年版，European standard。

<sup>17</sup> NFPA 101，Life Safety Code，2012 年版，National Fire Protection Association standard。

	究 <sup>18</sup>	照度是錯誤的，因為實際上裸光源(燈管)消耗功率與燈具實際消耗功率有極大的誤差，造成現場錯誤設計或誤認 LED 燈具比 PL 燈具性能較差。也建議增加系統供電式緊急照明燈及相關基準修改及制定的測試項目。建議緊急照明燈進行配光曲線之研究。
陳証翔	應用配光曲線儀探討不同燈源之比較研究 —以市售 LED 燈與鹵素燈為例 <sup>19</sup>	以配光曲線試驗設備針對 LED 燈及鹵素燈進行光強度空間分布之評估，結論為 LED 燈光譜強度與發光效率高於鹵素燈，但在光通量的部分卻有顯著不足，演色性差，且不同品牌對測試結果差異大。LED 燈光通量隨時間變化而下降，鹵素燈較無明顯變化。配光曲線試驗數據可應用 DIALux 建構照明空間 3D 模擬。

## 2.3 緊急照明燈具及光源特性

緊急照明燈，依據內政部公告之緊急照明燈認可基準定義，係指裝設於各類場所中避難所須經過之走廊、樓梯間、通道等路徑及其他平時依賴人工照明之照明燈具，內具備交直流自動切換裝置，平時以常用電源對蓄電池進行充電，停電後切換至蓄電池供電，或切換至緊急電源供電，作為緊急照明之用。故本章節將介紹市面上最常被選擇使用的緊急照明燈具，以及所裝載之光源種類，並將其特性，安裝方式，使用條件與限制，逐一詳細分類並說明之，以利後續選擇配光曲線試驗之樣品具有代表性。

### 2.3.1 緊急照明燈具的區分

#### 1. 依安裝方式區分

- (1) 嵌頂式緊急照明燈：係指本體嵌入天花板內與樓板間，燈具下緣與天花板下緣切齊之燈具，一般有筒型燈或 T 型燈組兩類。

<sup>18</sup> 蘇源在，「國內緊急照明燈設置標準與檢測基準適用性研究」，碩士論文，民國 97 年。

<sup>19</sup> 陳証翔，「應用配光曲線儀探討不同燈源之比較研究—以市售 LED 燈與鹵素燈為例」，碩士論文，民國 99 年。



圖 2.3.1 嵌頂式筒燈



圖 2.3.2 嵌頂式 T 型燈組

資料來源：中國電器網站產品型錄<sup>20</sup>

- (2) 吸頂式緊急照明燈：係指本體底座安裝於天花板上，多使用於非輕鋼架的場所，與嵌頂式的差異在於安裝直接、方便，價格較便宜。

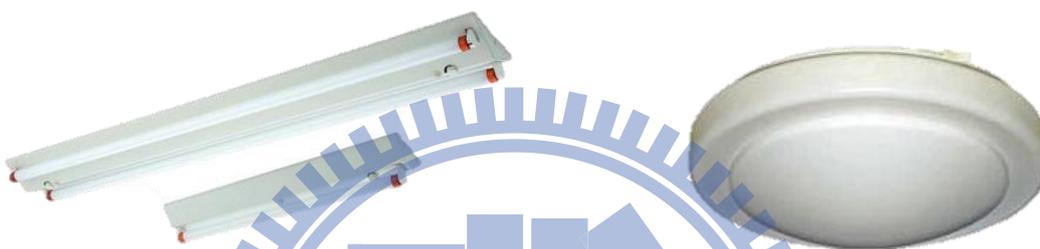


圖 2.3.3 吸頂式山型燈具

圖 2.3.4 吸頂式圓形燈具

資料來源：中國電器網站產品型錄

- (3) 懸吊式緊急照明燈：係指燈具本體非固定於天花板內或面上，而是以金屬拉繩、桿或類似構造連接天花板與燈具兩端，通常適用於特殊場所使用，如高高度場所、鐵皮工廠、博物館展覽館等，安裝燈具困難、安裝高度過高造成照度不足或有特殊照明需求之目的使用。



圖 2.3.5 懸吊式筒燈



圖 2.3.6 懸吊式日光燈具

資料來源：中國電器網站產品型錄

- (4) 壁掛式緊急照明燈：係指安裝於垂直壁面之緊急照明燈，這類燈具通常是因為安裝便利，而非屬於主要照明系統內所規劃設計，作為額外照明使用，此燈具在國內使用上因為價格便宜、安裝方便，所以被大量使用於緊急照明上。

<sup>20</sup> 各種燈具樣式，中國電器網站產品型錄，2014.1，<http://www.chinaelectric.com.tw>。



PL 光源



LED 光源

圖 2.3.7 壁掛式緊急照明燈

資料來源：仙暉工業有限公司網站<sup>21</sup>

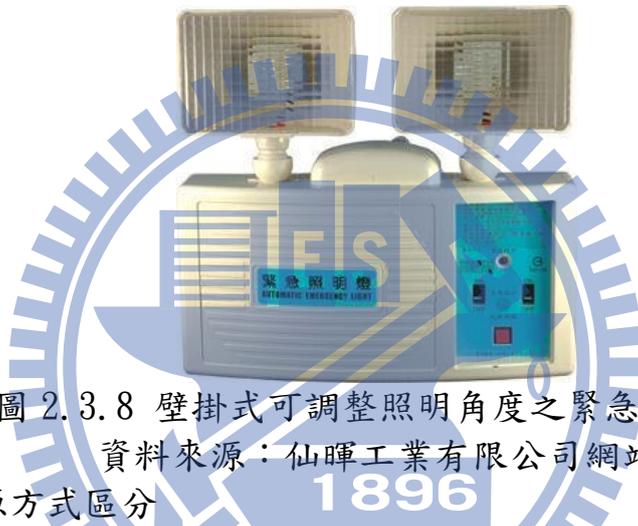


圖 2.3.8 壁掛式可調整照明角度之緊急照明燈

資料來源：仙暉工業有限公司網站

## 2. 依緊急電源方式區分

(1) 電池內置型：燈具內藏緊急電源(池)的照明燈具。

(2) 電源外置型：係指由燈具外的緊急電源供電之照明燈具。有關於此型燈具，依國內緊急照明燈基準定義，因需具備交直流自動切換裝置，故僅限於具電池外置的類型可以通過規定，由不斷電系統供給之一般照明燈具要作為緊急照明使用者，都不符合緊急照明燈認可基準規定。至於參考日本【JIL5501 非常用照明技術基準】規定，有關於電源外置型者亦包含不斷電系統控制或相關似裝置供電類型。

## 3. 依緊急用光源區分(於後續章節有詳細的說明)

(1) 日光燈(螢光燈)

(2) 白熾燈

(3) 高輝度放電燈

(4) 發光二極體(LED)

## 4. 依緊急照明點燈方式區分

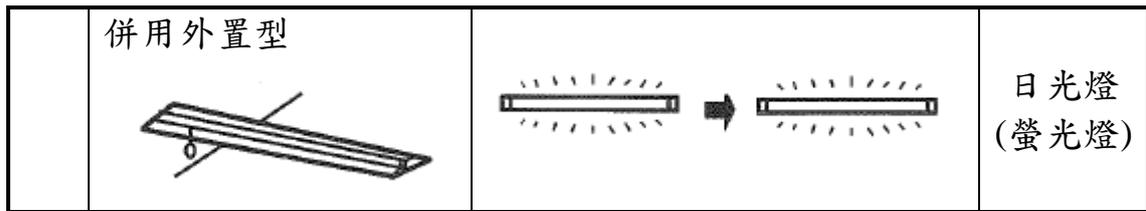
<sup>21</sup> 緊急照明燈具樣式，仙暉工業有限公司網站產品型錄，2014.1，<http://www.sh119.com.tw/>。

- (1) 專用型緊急照明燈：係指僅具有平常不亮燈之緊急用光源燈具。
- (2) 組合型緊急照明燈：係指具有僅以一般電源亮燈之光源以及平時不亮燈之緊急用光源二者之燈具。
- (3) 併用型緊急照明燈：係指為一般電源時也亮燈的緊急用光源之燈具。

表 6 為日本目前針對緊急照明燈電源安裝種類、點燈狀態及使用光源種類進行區分，整理成緊急照明燈具主要分類一覽表，由該表可以了解，安裝方式(燈具使用方向)並無壁掛式的分區，主要都是以安裝在與地表面垂直方向為設計概念，另由該表可得日本緊急用光源多使用白熾燈與日光燈(螢光燈)。

表 6 緊急照明燈主要種類(日本現況)

型式	照明方法及緊急電源種類	平時與緊急時點燈狀態	緊急用光源
電池內置型	專用內置型 		白熾燈
	組合內置型 		白熾燈
	併用內置型 		日光燈 (螢光燈)
電源外置型	專用外置型 		白熾燈
	組合外置型 		白熾燈
	併用外置型 		白熾燈



資料來源：JIL5501-2009 緊急用照明器具技術基準

### 2.3.2 緊急照明燈具光源種類及特性

#### 1. 日光燈(螢光燈)

日光燈，或稱為螢光燈，是一種照明裝置，屬於弧光燈的一種。螢光燈管內充滿了低壓氬氣或氬氖混合氣體及水銀蒸氣，而在玻璃螢光管的內側表面，則塗上一層磷質螢光漆，在燈管的兩端設有由鎢製成的燈絲線圈。當電源接通後，首先電流通過燈絲加熱並釋放出電子，電子會把管內氣體變成電漿(plasma)，並令管內電流加大，當兩組燈絲間的電壓超過一定值之後燈管開始產生放電，使水銀蒸氣發放出253.7nm及185nm波長的紫外線，螢光管內側表面的磷質螢光漆會吸收紫外線，並釋放出較長波長的可見光。發出的光線顏色由磷質成份的比例控制，而玻璃管則避免有害的紫外線及其他有害物質如水銀洩漏出來。

螢光管的放電電流與導通電阻之間存在一個正反饋關係，當更多電流流進螢光管後使得更多氣體被離子化，使得管內的導通電阻不斷降低，如此便會令更多電流入螢光管內。如果將螢光管直接接到固定電壓的電源，螢光管將會因電流不斷上升而很快被燒毀，因此需要以一個輔助電路控制進入螢光管的電流在一固定水平，而這個電流控制電路通常被稱為安定器。傳統安定器實際上是一個電感，當導通電阻降到很低的時候，安定器固定的感抗和銅耗使導通電流近似於定值，開始穩定工作。傳統安定器需搭配一個稱為啟動器(Starter)的小元件才能使燈絲間的壓差達到使螢光管足以放電的程度，最新的電子式安定器則不需要啟動器，因為啟動工作已被包含在安定器內。



圖 2.3.9 不同款式的螢光燈管

資料來源：維基百科<sup>22</sup>



圖 2.3.10 電子式安定器



圖 2.3.11 傳統式安定器

資料來源：台灣照明股份有限公司(旭光)照明產品型錄<sup>23</sup>

日光燈管如果照直徑來分類，可分成 T2、T3.5、T4、T5、T6、T8、T9、T10、T12 等規格，所謂的 T5 就是直徑為 5/8 英吋(約 16 公釐)的日光燈管；T8 直徑為 1 英吋(約 25 公釐)；T9 直徑為 9/8 英吋(約 29 公釐)的日光燈管。目前全世界的主流為 T5、T6 和 T8，目前台灣廠商主要推廣的是 T5 燈管。

日光燈最高級的 T8 燈管可以達到 99 的高演色性，而最高級的省電燈泡的演色性只能超過 90，演色性高的光源會讓顏色自然，且對視力及健康有利。

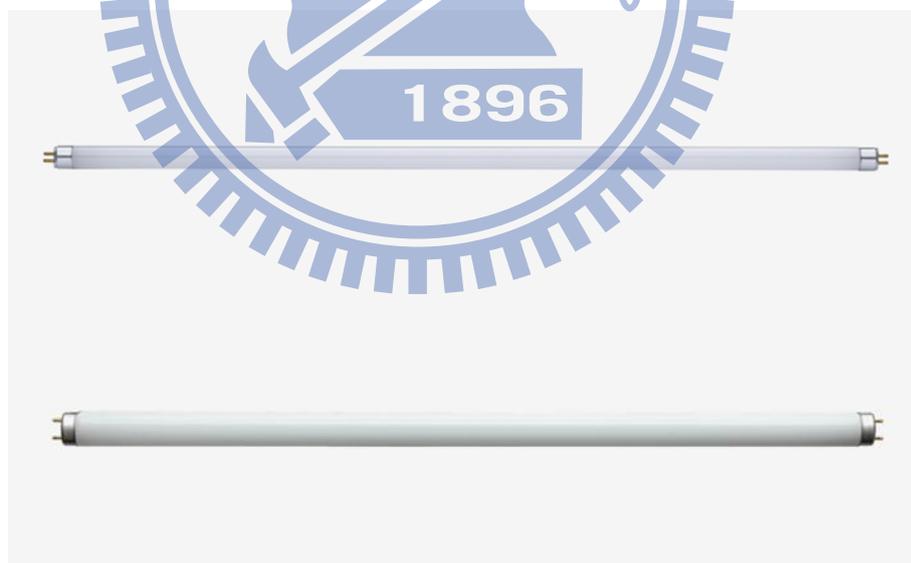


圖 2.3.12 T8(下)及 T5(上)日光燈管

資料來源：自行整理

<sup>22</sup> 維基百科，2014.1，<http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Leuchtstofflampen-ctaube050409.jpg>。

<sup>23</sup> 燈具安定器樣式，台灣照明股份有限公司照明產品型錄，2014.1。



圖 2.3.13 PHILIPS PL13W(左)及 PL27W(右)螢光燈管

資料來源：自行整理

## 2. 白熾燈

俗稱電燈泡，是一種藉由通電，利用電阻把幼細鎢絲加熱至白熾，用來發光的燈。電燈泡外圍由玻璃製造，把燈絲保持在真空，或低壓的惰性氣體之下，作用是防止燈絲在高溫之下氧化。

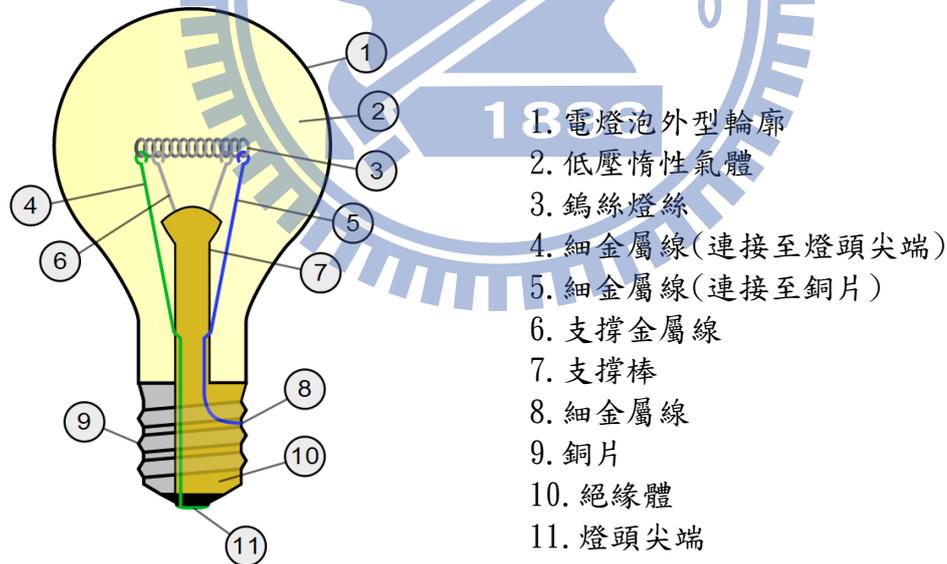


圖 2.3.14 白熾(鎢絲)燈泡構造<sup>24</sup>

資料來源：維基百科

鹵素燈泡 (Halogen lamp)，亦稱鎢鹵燈泡，是白熾燈的一種。原理是在燈泡內注入碘或溴等鹵素氣體。在高溫下，蒸發的鎢絲與鹵素進行化學作用，蒸發的鎢會重新凝固在鎢絲上，形成平衡的循環，避

<sup>24</sup> 鎢絲燈構造，維基百科，2014.1，[http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Incandescent\\_light\\_bulb.svg](http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Incandescent_light_bulb.svg)。

免鎢絲過早斷裂。因此鹵素燈泡比白熾燈更長壽。此外，鹵素燈泡亦能以比一般白熾燈更高的溫度運作，它們的亮度及效率亦更高。不過在這溫度下，普通玻璃可能會軟化。因此鹵素燈泡需要採用熔點更高的熔凝石英或硬的玻璃。而由於石英玻璃不能阻隔紫外線，故此鹵素燈泡通常都而需要另外使用紫外線濾鏡。



圖 2.3.15 鹵素燈泡(左)及鹵素燈具(右)<sup>25</sup>

資料來源：網路資料

### 3. 高強度氣體放電燈泡

高強度氣體放電(High-intensity discharge, HID)燈泡包含水銀燈、金屬鹵化燈、高壓鈉燈、低壓鈉燈、高壓水銀燈，以及較少見的短弧氙氣燈。這些燈泡種類的發光元件是一顆置於耐高溫燈管(弧光管)內安定的電弧放電器，及有超過  $3 \text{ W/cm}^2$  ( $19.4 \text{ W/in}^2$ ) 的發光能力。

高強度氣體放電藉著特殊設計、內部佈塗石英或鋁的燈管，並藉由兩端鎢電極打出來的加壓電弧，通過燈管後而發出光線。這些燈管內充滿了氣體和金屬。氣體幫助燈泡啟動，而金屬加熱達到蒸發點，形成電漿態後而發出光線。

跟螢光燈一樣，高強度氣體放電需要一個安定器來觸發並維持內部的電弧，而觸發電弧的方式各有不同：水銀燈和有些金屬鹵化燈通常用第三個電極在其中一個主電極旁邊來幫助啟動，而其他燈種則通常使用高壓脈衝的方式。

高強度氣體放電燈泡通常應用在大面積區域且需要高品質的光線時，或針對能源效率、光源密度等特殊要求時。這些地方包括體育館、大面積的公共區域、倉庫、電影院、戶外活動區域、道路、停車場或巷道。

<sup>25</sup> 鹵素燈具，TMC 產品型錄，<http://www.tmc.com/ninshow.asp?RecordNo=42>，2014.1。



圖 2.3.16 水銀燈泡(左)及高壓鈉氣燈泡(右)

資料來源：台灣照明股份有限公司(旭光)照明產品型錄

表 7 高強度氣體放電燈泡效能一覽表

型式	光源效率 (lm/W)	平均壽命 (小時)	特性	使用範圍
高壓 水銀燈泡	40~61	1000~ 12000	效率高、壽命 長、適當的演色 性	住宅區之公共照 明、運動場、工 廠
自鎮 水銀燈泡	60	—	壽命長、演色性 佳、安裝容易， 效率較白熾燈泡 高，可以直接取 代白熾燈泡	用於小型工業場 所、公共區域用 植栽照明
金屬 鹵化物 燈泡	66~108	4000~ 10000	效率高、壽命 長、適當的演色 性	適合彩色電視轉 播的運動場投光 照明、工業照 明、道路照明、 植栽照明
高壓 鈉氣燈泡	68~150	8000~ 10000	效率高、壽命 長、光輸出穩定	道路、隧道等公 共照明，投光照 明、工業照明、 植栽照明
低壓 鈉氣燈泡	99~203	12000	效率高、壽命 長、明視度高， 演色性差為單一 色光	要求節約能源及 效率而顏色不重 要的各種場所。

資料來源：維基百科<sup>26</sup>

#### 4. 發光二極體(LED)

發光二極體(Light-Emitting Diode, LED) 是一種具有受電激發發光之 PN 接面的半導體元件，藉由三價與五價元素所組成的複合光源。

<sup>26</sup> 維基百科，2014.1，<http://zh.wikipedia.org/wiki/高強度氣體放電燈>。

發光二極體是一種特殊的二極體。和普通的二極體一樣，發光二極體由半導體晶片組成，這些半導體材料會預先藉由注入或摻雜等工藝以產生 p、n 架構。與其它二極體一樣，發光二極體中電流可以輕易地從 p 極（陽極）流向 n 極（負極），而相反方向則不能。兩種不同的載流子：空穴和電子在不同的電極電壓作用下從電極流向 p、n 架構。當空穴和電子相遇而產生複合，電子會跌落到較低的能階，同時以光子的模式釋放出能量。

LED 所發出的光的波長（顏色）是由組成 p、n 架構的半導體材料的禁帶能量決定。由於矽和鍺是間接帶隙材料，在常溫下，這些材料內電子與空穴的複合是非輻射躍遷，此類躍遷沒有釋出光子，而是把能量轉化為熱能，所以矽和鍺二極體不能發光（在極低溫的特定溫度下則會發光，必須在特殊角度下才可發現，而該發光的亮度不明顯）。發光二極體所用的材料都是直接帶隙型的，因此能量會以光子形式釋放，這些禁帶能量對應著近紅外線、可見光、或近紫外線波段的光能量。

發展初期，採用砷化鎵(GaAs)的發光二極體只能發出紅外線或紅光。隨著材料科學的進步，各種顏色的發光二極體，現今皆可製造。目前用在一般照明與緊急照明使用的多屬於白光 LED。

目前主要的發光二極體依其後段封裝結構與製程的不同，可以簡單分為 Lamp 及 SMD 兩類：

- (1) LED Lamp(插入式封裝)：係指將發光二極體晶片先行固定於具接腳之支架上，再打線及膠體封裝，其使用係將 LED 燈的接腳插設焊固於預設電路的電路基板上，完成其 LED 燈的光源結構及製程。
- (2) 表面粘貼式(SMD)：其係將晶片先行固定到細小基板上，再進行打線的動作，接著進行膠體封裝，最後再將該封裝後的 LED 焊設於印刷電路板上，完成 SMD LED 的光源結構及製程。



圖 2.3.17 Lamp(上)及 SMD(下)的 LED 產品  
資料來源：Direct Industry 產品型錄<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Direct Industry 產品型錄，2014.1，<http://www.directindustry.com/prod/fkk-corporation/smd-leds-78631-656267.html>。

LED 燈基於消耗功率低、使用壽命長、穩定且生產技術提升、成本降低等因素，在環保意識與節能減碳的近幾年成為最炙手可熱的照明光源，但 LED 燈並非不是沒有缺點，LED 缺點如下述幾點：

- (1)發光二極體在高光度下效率較低，在一般照明用途上仍比螢光燈耗電，有些發光二極體燈甚至比省電燈泡耗電。有些設計使用多枚發光二極體，在保持整體光度下讓每枚發光二極體可以工作在較低光度，從而增加效率，但使成本大為提高，售價亦較其他類型燈泡較高。(目前市面上已達 100lm/W)
- (2)效率受高溫影響而急劇下降，浪費電力之餘也產生更多熱，令溫度進一步上升，形成惡性循環。除浪費電力也縮短壽命，因此需要良好散熱。
- (3)發光二極體光度並非與電流成線性關係，光度調節略為複雜。
- (4)成本較高，售價較高。
- (5)發光二極體為光源面積小、分佈較集中，作照明用途時會刺眼，須運用光學設計分散光源。
- (6)演色性仍待加強。(傳統燈泡、鹵素燈演色性極佳，而螢光燈管容易找到高演色性的產品；演色性低的光源照明不但會有顏色不正常的感覺，對視力及健康也有害)
- (7)每一個發光二極體因生產技術的問題，都會存在其特性如亮度、顏色、偏壓等都有些許差異，差異小的 LED 品管成本與技術都較高。

LED 另一個最大的缺點(失效)是逐漸降低光輸出、效率損失或光色改變等，也就是俗稱的光衰現象。造成光衰的原因很多且複雜，主要是結構、生產技術及散熱不良所形成的，但由於是使用在照明應用上，在長時間使用下的燈具就必須考量光衰所造成的影響，但緊急照明燈由於主要平時不亮燈，緊急時才會亮燈，故光衰的影響並不明顯。

## 2.4 各國緊急照明設置規定

### 2.4.1 國內規定

國內有關緊急照明燈或緊急照明等相關設置規定及法規訂定如下：

#### 1. 各類場所消防安全設備設置標準(102 年 5 月 1 日發布版本)

相關法條	條文內容
第十二條	<p>各類場所按用途分類如下：</p> <p>一、甲類場所：</p> <p>(一) 電影片映演場所(戲院、電影院)、歌廳、舞廳、夜總會、俱樂部、美容院(觀光理髮、視聽理容等)、指壓按摩場所、錄影節目帶播映場所(MTV 等)、視聽歌唱場所(KTV 等)、酒家、酒吧、酒店(廊)。</p>

- (二) 保齡球館、撞球場、集會堂、健身休閒中心（含提供指壓、三溫暖等設施之美容瘦身場所）、室內螢幕式高爾夫練習場、遊藝場所、電子遊戲場、資訊休閒場所。
- (三) 觀光旅館、飯店、旅館、招待所（限有寢室客房者）。
- (四) 商場、市場、百貨商場、超級市場、零售市場、展覽場。
- (五) 餐廳、飲食店、咖啡廳、茶藝館。
- (六) 醫院、療養院、長期照顧機構（長期照護型、養護型、失智照顧型）、安養機構、老人服務機構（限供日間照顧、臨時照顧、短期保護及安置者）、托嬰中心、早期療育機構、安置及教養機構（限收容未滿二歲兒童者）、護理之家機構、產後護理機構、身心障礙福利機構（限供住宿養護、日間服務、臨時及短期照顧者）、身心障礙者職業訓練機構（限提供住宿或使用特殊機具者）、啟明、啟智、啟聰等特殊學校。
- (七) 三溫暖、公共浴室。

二、乙類場所：

- (一) 車站、飛機場大廈、候船室。
- (二) 期貨經紀業、證券交易所、金融機構。
- (三) 學校教室、兒童課後照顧服務中心、補習班、訓練班、K書中心、前款第六目以外之安置及教養機構及身心障礙者職業訓練機構。
- (四) 圖書館、博物館、美術館、陳列館、史蹟資料館、紀念館及其他類似場所。
- (五) 寺廟、宗祠、教堂、供存放骨灰（骸）之納骨堂（塔）及其他類似場所。
- (六) 辦公室、靶場、診所、日間型精神復健機構、兒童及少年心理輔導或家庭諮詢機構、身心障礙者就業服務機構、老人文康機構、前款第六目以外之老人服務機構及身心障礙福利機構。
- (七) 集合住宅、寄宿舍、住宿型精神復健機構。
- (八) 體育館、活動中心。
- (九) 室內溜冰場、室內游泳池。

	<p>(十) 電影攝影場、電視播送場。</p> <p>(十一) 倉庫、傢俱展示販售場。</p> <p>(十二) 幼兒園。</p> <p>三、丙類場所：</p> <p>(一) 電信機器室。</p> <p>(二) 汽車修護廠、飛機修理廠、飛機庫。</p> <p>(三) 室內停車場、建築物依法附設之室內停車空間。</p> <p>四、丁類場所：</p> <p>(一) 高度危險工作場所。</p> <p>(二) 中度危險工作場所。</p> <p>(三) 低度危險工作場所。</p> <p>五、戊類場所：</p> <p>(一) 複合用途建築物中，有供第一款用途者。</p> <p>(二) 前目以外供第二款至前款用途之複合用途建築物。</p> <p>(三) 地下建築物。</p> <p>六、己類場所：大眾運輸工具。</p> <p>七、其他經中央主管機關公告之場所。</p>
<p>第二十四條</p>	<p>下列場所應設置緊急照明設備：</p> <p>一、供第十二條第一款、第三款及第五款所列場所使用之居室。</p> <p>二、供第十二條第二款第一目、第二目、第三目（學校教室除外）、第四目至第六目、第七目所定住宿型精神復健機構、第八目、第九目及第十二目所列場所使用之居室。</p> <p>三、總樓地板面積在一千平方公尺以上建築物之居室（學校教室除外）。</p> <p>四、有效採光面積未達該居室樓地板面積百分之五者。</p> <p>五、供前四款使用之場所，自居室通達避難層所須經過之走廊、樓梯間、通道及其他平時依賴人工照明部分。</p> <p>經中央主管機關認可為容易避難逃生或具有有效採光之場所，得免設緊急照明設備。</p>
<p>第一七五條</p>	<p>緊急照明燈之構造，依下列規定設置：</p> <p>一、白熾燈為雙重繞燈絲燈泡，其燈座為瓷製或與瓷質同等以上之耐熱絕緣材料製成者。</p>

	<p>二、日光燈為瞬時起動型，其燈座為耐熱絕緣樹脂製成者。</p> <p>三、水銀燈為高壓瞬時點燈型，其燈座為瓷製或與瓷質同等以上之耐熱絕緣材料製成者。</p> <p>四、其他光源具有與前三款同等耐熱絕緣性及瞬時點燈之特性，經中央主管機關核准者。</p> <p>五、放電燈之安定器，裝設於耐熱性外箱。</p>
第一七六條	<p>緊急照明設備除內置蓄電池式外，其配線依下列規定：</p> <p>一、照明器具直接連接於分路配線，不得裝置插座或開關等。</p> <p>二、緊急照明燈之電源回路，其配線依第二百三十五條規定。施予耐燃保護。但天花板及其底材使用不燃材料時，得施予耐熱保護。</p>
第一七七條	<p>緊急照明設備應連接緊急電源。</p> <p>前項緊急電源應使用蓄電池設備，其容量應能使其持續動作三十分鐘以上。但採蓄電池設備與緊急發電機併設方式時，其容量應能使其持續動作分別為十分鐘及三十分鐘以上。</p>
第一七八條	<p>緊急照明燈在地面之水平面照度，使用低照度測定用光電管照度計測得之值，在地下建築物之地下通道，其地板面應在十勒克司（Lux）以上，其他場所應在二勒克司（Lux）以上。但在走廊曲折點處，應增設緊急照明燈。</p>
第一七九條	<p>下列處所得免設緊急照明設備：</p> <p>一、在避難層，由居室任一點至通往屋外出口之步行距離在三十公尺以下之居室。</p> <p>二、具有效採光，且直接面向室外之通道或走廊。</p> <p>三、集合住宅之居室。</p> <p>四、保齡球館球道以防煙區劃之部分。</p> <p>五、工作場所中，設有固定機械或裝置之部分。</p> <p>六、洗手間、浴室、盥洗室、儲藏室或機械室。</p>

## 2. 職業安全衛生法<sup>28</sup>

相關法條	條文內容
第六條	<p>雇主對下列事項應有符合規定之必要安全衛生設備及措施：</p>

<sup>28</sup> 職業安全衛生法，2013 年版，行政院。

	<p>一、防止機械、設備或器具等引起之危害。</p> <p>二、防止爆炸性或發火性等物質引起之危害。</p> <p>三、防止電、熱或其他之能引起之危害。</p> <p>四、防止採石、採掘、裝卸、搬運、堆積或採伐等作業中引起之危害。</p> <p>五、防止有墜落、物體飛落或崩塌等之虞之作業場所引起之危害。</p> <p>六、防止高壓氣體引起之危害。</p> <p>七、防止原料、材料、氣體、蒸氣、粉塵、溶劑、化學品、含毒性物質或缺氧空氣等引起之危害。</p> <p>八、防止輻射、高溫、低溫、超音波、噪音、振動或異常氣壓等引起之危害。</p> <p>九、防止監視儀表或精密作業等引起之危害。</p> <p>十、防止廢氣、廢液或殘渣等廢棄物引起之危害。</p> <p>十一、防止水患或火災等引起之危害。</p> <p>十二、防止動物、植物或微生物等引起之危害。</p> <p>十三、防止通道、地板或階梯等引起之危害。</p> <p>十四、防止未採取充足通風、採光、照明、保溫或防濕等引起之危害。</p> <p>雇主對下列事項，應妥為規劃及採取必要之安全衛生措施：</p> <p>一、重複性作業等促發肌肉骨骼疾病之預防。</p> <p>二、輪班、夜間工作、長時間工作等異常工作負荷促發疾病之預防。</p> <p>三、執行職務因他人行為遭受身體或精神不法侵害之預防。</p> <p>四、避難、急救、休息或其他為保護勞工身心健康之事項。</p> <p>前二項必要之安全衛生設備與措施之標準及規則，由中央主管機關定之。</p>
--	--

### 3. 勞工安全衛生設施規則<sup>29</sup>

相關法條	條文內容
第三十條	雇主對於工作場所出入口、樓梯、通道、安全門、安全梯等，應依第三百十三條規定設置適當之採光或照明。必要時並應視需要設置平常照明系統失效時使用之緊急照明系統。

<sup>29</sup> 勞工安全衛生設施規則，2009年版，行政院。

第三一四條	<p>雇主對於下列場所之照明設備，應保持其適當照明，遇有損壞，應即修復：</p> <p>一、階梯、升降機及出入口。</p> <p>二、電氣機械器具操作部份。</p> <p>三、高壓電氣、配電盤處。</p> <p>四、高度二公尺以上之勞工作業場所。</p> <p>五、堆積或拆卸作業場所。</p> <p>六、修護鋼軌或行於軌道上之車輛更換，連接作業場所。</p> <p>七、其他易因光線不足引起勞工災害之場所。</p>
-------	--

#### 4. 建築技術規則<sup>30</sup>

相關法條	條文內容摘要
建築設計 施工篇 第九十七條	安全梯之構造，依下列規定： 一、室內安全梯之構造： (三) 安全梯間應設有緊急電源之照明設備，其開設採光用之向外窗戶或開口者，應與同幢建築物之其他窗戶或開口相距九十公分以上。 三、特別安全梯之構造： (二) 樓梯間及排煙室，應設有緊急電源之照明設備。其開設採光用固定窗戶或在陽臺外牆開設之開口，除開口面積在一平方公尺以內並裝置具有半小時以上之防火時效之防火設備者，應與其他開口相距九十公分以上。
建築設計 施工篇 第一〇四條	左列建築物，應設置緊急照明設備： 一、供本編第六十九條第一類、第四類及第二類之醫院、旅館等用途建築物之居室。 二、本編第一條第三十一款第(一)目規定之無窗戶或無開口之居室。 三、前二款之建築物，自居室至避難層所需經過之走廊、樓梯、通道及其他平時依賴人工照明之部份。
建築設計 施工篇 第一〇五條	緊急照明之構造應依建築設備篇之規定。
建築設計 施工篇 第一〇七條	緊急用升降機之構造除本編第二章第十二節及建築設備編對升降機有關機廂、升降機道、機械間安全裝置、結構計算等之規定外，並應依下列規定：

<sup>30</sup> 建築技術規則，建築設計施工篇，2013年版，內政部。

	<p>一、機間：</p> <p>(五) 應有緊急電源之照明設備並設置消防栓、出水口、緊急電源插座等消防設備。</p>
<p>建築設備篇 第三條</p>	<p>建築物之各處所除應裝置一般照明設備外，應依本規則建築設計施工編第一百一十六條之二規定設置安全維護照明裝置，並應依各類場所消防安全設備設置標準之規定裝置緊急照明燈、出口標示燈及避難方向指示燈等設備。</p>

由前述各類標準得知，在避難路徑上或其他相關重要之場所，都必須設置緊急照明燈或緊急照明系統來確保緊急時逃生是避難無虞，其照度規定在各類場所消防安全設備設置標準第一七八條規定，「緊急照明燈在地面之水平面照度，使用低照度測定用光電管照度計測得之值，在地下建築物之地下通道，其地板面應在十勒克司 (Lux) 以上，其他場所應在二勒克司 (Lux) 以上。但在走廊曲折點處，應增設緊急照明燈。」。

就國內目前緊急照明燈實務上的設置方式有以下兩種方式：

1. 光束法：本方法係利用設置標準所規定之最低應有之照度、應設置場所之面積及燈具光源原廠測試之光通量及照明度維護率等計算出該場所所需之緊急照明燈最低使用量。使用公式

$$N = (EA)/(FUM) \quad (5)$$

N 為燈具數量；

E 為法規規範最低照度 (2lx)；

A 為照明面積 (m<sup>2</sup>)；

F 為光源之光通量 (lm)；

U 為照明度；

M 為維護率。

本計算式中所提之照明度為：光源到作業面的照度包括光源直接到作業面的光線、從天花板反射的光線、從壁面反射的光線、從地面反射的光線、以及此光線到任何一個角度相互間的反射。另外，從光源射出的光線，一部份被照明器具的反射板或擴散材料吸收、由窗戶射出室外、一部份被天花板、壁面、地面、家具等吸收，這些光源沒有達到作業面。

在圖 2.4.1 中，光源到達作業面的光束 1、2、3、4 的比例，就是照明率。因此，照明率的係數以小於 1 的小數來表示。照明率越高表示空間反射率越高。

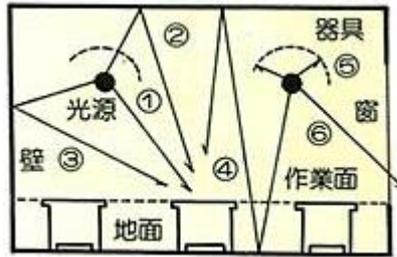


圖 2.4.1 光源反射示意圖

資料來源：中國電器網站<sup>31</sup>

維護率：當照明器具環境等設施經過一段時間後，因污損、燈管光束降低等因素使得平均照度減少，因此要保持所要求的平均照度，在計算照明設計的初期要包含此一維護係數。維護係數依照明器具的構造，室內污染的程度而異，在清潔容易，污染性少的場所，維護率高；相反的，不易清掃及污染性高的場所，維護率低。維護率一般取 0.6~0.8 之間。

設置例：

假設一場所樓地板面積為(A)=5,000m<sup>2</sup>，採用吸頂式緊急照明燈，光源為 PL13W 之螢光燈管，標稱之光通量為 800lm。採用之照明度 (U) = 0.6，維護率 (M) = 0.7。

$$N = \frac{E \times A}{F \times U \times M} = \frac{2(lx) \times 5,000(m^2)}{800(lm) \times 0.6 \times 0.7} = 29.8(\text{取 } 30)$$

由上式計算得知，該場所需設置 30 只緊急照明燈即可達到水平照度 2lx。

- 照度法：係利用設置標準所規定之最低應有之照度、光通量減少率及維護率等計算出該緊急照明燈照度分佈可達 2lx 所涵蓋之面積。再依涵蓋面積於設計圖面上等面積繪製相關燈具擺設。

$$E = \frac{F}{4\pi R^2} \times \cos\theta \times M \times K = \frac{F}{4\pi R^2} \times \frac{H}{R} \times M \times K \quad (6)$$

<sup>31</sup> 光源反射示意圖，東亞照明網站資料，2014.1，<http://www.chinaelectric.com.tw>。

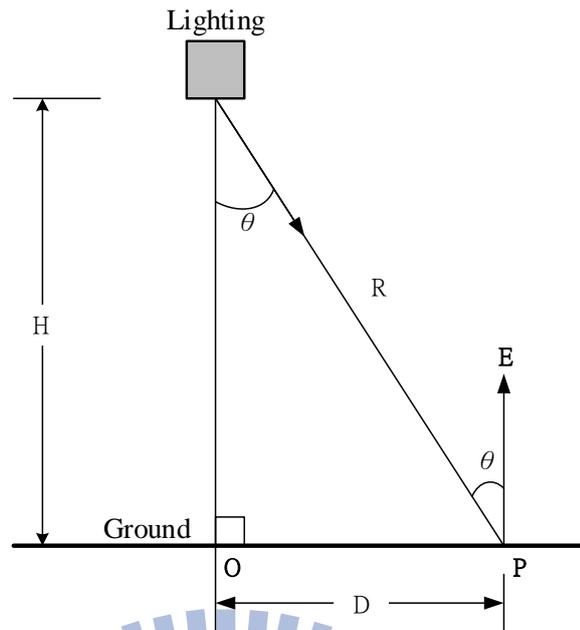


圖 2.4.2 照度法公式對照示意圖

資料來源：本研究自行繪製

式中，E 為照度計測值 (lx)；

H 為燈具安裝高度 (m)；

F 為燈具光通量 (lm)；

M 為維護係數；

K 為光束減少率，本計算公式中所列之光束減少率為光源全功率之光通量值與緊急電源狀態下光通量值之比值。

設置例：

假設一場所樓地板面積為(A)=5,000m<sup>2</sup>，在天花板(H)=3m 處採用吸頂式緊急照明燈，光源為 PL13W 之螢光燈管，標稱之光通量為 800lm。採用之維護率 (M)=0.75，光束減少率 (K)=1.0。

帶入公式  $E = \frac{F}{4\pi R^2} \times \cos\theta \times M \times K$

得  $2(\text{lx}) = \frac{800(\text{lm})}{4\pi R^2} \times \frac{3.0}{R} \times 0.75 \times 1.0$

得  $R^3 = 71.7(\text{m}^3)$ ， $R = 4.2(\text{m})$ ，得  $D = 2.9(\text{m})$

由上式計算得知，在天花板(H=3m)處採用吸頂式緊急照明燈，光源為 PL13W 之螢光燈管，標稱之光通量為 800lm，其地表面水平照度 2lx 的涵蓋半徑為 2.9 公尺，再以此涵蓋面積依現場平面圖規劃緊急照明燈數量及位置。

前述公式在使用上的假設前提下，必須是點光源且具有均勻光強度分布之燈具，以安裝位置在天花板位置的前提下，方可成立，但在實際使用上，卻連壁掛式的緊急照明燈以及具指向性明顯的 LED 燈具都使用此公式，被設計在安裝現場，導致錯誤的設計配置，故目前現場消防檢查時，多以照度計佐以進行實際測試，但往往現場環境照度就高於規定值或僅量

測少數幾點來代表整個避難路徑都符合規定值(2lx)以上，這樣的錯誤本身就是失效的設計，值得主管機關、相關消防單位及設計單位深思。

#### 2.4.2 日本規定

日本在「建築基準法」及「建築基準法施行令」規定設置非常用照明裝置的場所及相關規定(詳如表 8 整理內容)，另外於 JIL5501-2009 非常用照明器具技術基準附屬書 4 規定非常用照明設備基準，規定有關於緊急照明照度計算及設計原則。

另外在平成 12 年 5 月 30 日建設省告示第 1405 號中，有關於緊急照明裝置照度相關規定有兩點：

1. 緊急照明裝置，在常溫下地表面水平照度應能維 1lx(使用螢光燈之場合，2lx)以上。
2. 前述水平照度，使用校正之低照度用測定計，以物理測定方法測定。

表 8 日本應設置緊急照明燈之場所<sup>32</sup>

對象建築物	對象建築物的其中設置義務的部分	對象建築物的其中設置義務免除的建築物部分
1.特殊建築物 (一)劇場，電影院，文藝表演場，觀看場，禮堂，集會場 (二)醫院，經營只限於有診療所(具患者的收容設施)，賓館，旅館，寄宿，公寓，宿舍，兒童福利設施等 (三)學校等(注 1)，博物館，美術館，圖書館 (四)百貨商店，市場，展示場，酒館，咖啡，夜總會，酒館，舞廳，遊戲場，公共浴池，等候處，飯菜店，飲食店，物品銷售業店鋪(地板面積 10 平方米以內除外)	1 居室(注 2) 2 令第 116 條的 2 第 1 項第一號的窗，其他的開口部的居室(注 3)(無窗的居室) 3 1 及 2 的居室，通往避難路的徑走廊，台階及其他的道路 4 1，2 又類似 3 的部分，譬如，接觸走廊的前廳，被使用作為穿過去避難的地方，其他照明設備被認為是必要的部份	1 醫院的病房 寄宿的投宿室 宿舍的臥室 這些的類似居室(注 4) 2 公寓，狹長的房屋的住戶 3 學校等 4 有效直接採光的道路和室外台階等 5 平成 12 建告第 1411 號的居室等 6 其他(注 5)
2. 層數以 3 以上，共計面積超過 500 m <sup>2</sup> 的建築	同上	上述的 1-6 7 獨幢樓房住宅
3. 共計面積超過 1,000 m <sup>2</sup> 的建築	同上	同上
4. 有無窗的居室的建築	1 從無窗的居室(注 3) 2 1 的居室，通往避難路的徑走廊，台階及其他的道路 3 1，又類似 2 的部分，譬如，接觸走廊的前廳，被使用作為穿過去避難的地方，其他照明設備被認為是必要的部份	上述之 1234

注 1) 學校等，學校，體育館，保齡球場，滑雪場，滑冰場，游泳場，體育的練習場(「建基令」第 126 條的 2)。

所謂學校，把小學，初中，高級中學，大學，高等專門學校，盲人學校，啟聰學校，殘疾人學校，幼兒園，專修學校及各種學校。

有看台的體育館，或給(對)觀看的事情供給的東西，與集會場被看作不被除外。

<sup>32</sup> 取自日本建築基準法與建築基準法施行令，2013 年版。

在學校夜校，法規規定上不用，不過，為了避難上確保安全，對於對作為避難路徑的走廊，台階，室外的出入口，原則性地必要。

注2)居室，類似住址，辦公，工作，集會，娛樂及其他這些的目的繼續性地使用的室。

注3)把對採光有效的部分的面積的共計，不到該居室的地板面積的1/20以上的開口部的居室稱為所謂不有符合令第116條的2第1項第一號的窗及其他的開口部的居室。

注4)這些的類似室中，事務所大樓等的管理員室，與類似狹長的房屋像公寓的住門的居室，不過不包含被非特定的人們使用的居室。

注5)其他下面的部分，得能免設。

a)賓館，因為由於在旅館中，能前室和裡頭的房間之間隔扇，拉窗等隨時打開的東西被隔開了的2間房，可以1間房看作，靠近避難路徑的前室設置就行了。

b)地下停車場的車位不一定符合居室，車路，不是人通常進出的道路法律上沒有必要。但因為為了避難道路最好能設置。

資料來源：本研究員自行整理

就日本目前緊急照明燈設置方式是依據 JIL5501 附錄四規定，廠商必須提供緊急照明器具的設置間隔表，並在不超過該裝設間隔(距離)下加以設置。設置間隔表是由該燈具的光強度分布特性，依點光源特性、燈具的安裝高度、設備的維護率、光束比等特徵值，計算其規定照度下(1lx 或 2lx)的涵蓋(保護)範圍。表9為日本緊急照明燈具設置間隔表標示範例。

表9 日本緊急照明燈具設置間隔表標示範例

安裝高度		2.1m	2.4m	2.6m	3.0m	4.0m
單體配置	A1					
	A' 1					
	B1					
	B' 1					
直線配置	A2					
	B2					
四角配置	A4					
	B4					
	A0					
	B0					

注1)裝設高度原則上為2.1m、2.4m、2.6m、3m、4m，其他之高度則視需要增列。

注2)單體配置之A1、A' 1、B1、B' 1係視對象器具之配光型式加以標示。

注3)A0、B0只要視需要加以標示即可。

注4)所示以外器具之裝設高度，得由前後之值依照比例加以計算。

資料來源：JIL5501-2009 附錄4

有關於日本設計設置標準之相關說明如下整理：

#### 1. 使用設置間隔表

(1) 製造商應能視需求提供設置間隔表。

(2) 製造商須視需要，以下列任一方法標示設置間隔表。

a. 製造商發行之宣傳刊物(規格目錄)等；

b. 製造商發行之規格圖面等。

2. 單體配置：適用於小房屋或小居室中，將緊急照明器具作為單體配置之方式，方式如下：

- (1) 利用表 9 之設置間隔表，使用相對於各器具裝設高度之裝設間隔值作設置設計，以能確保設置標準所規範之最低照度。(使用 A1、A'1、B1、B'1 之值。)
- (2) 軸對稱配光之情形 (如圖 2.4.3)
- 所謂 A1，係在半徑 A1 之範圍內，可以確保 1lx(螢光燈為 2lx)之範圍。

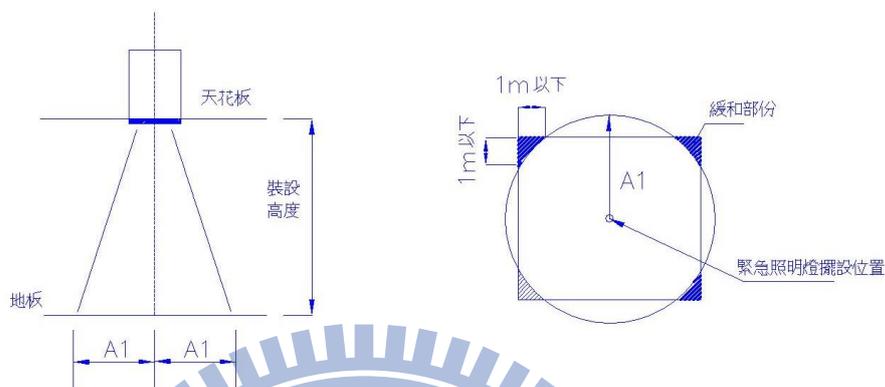


圖 2.4.3 軸對稱配光之單體配置例

資料來源：JIL5501-2009 附錄 4

- (3) 雙面對稱配光之情形 (如圖 2.4.4)
- 所謂 A1，係在 A 斷面配光方向，可以確保 1lx(螢光燈為 2lx)之範圍。
- 所謂 B1，係在 B 斷面配光方向，可以確保 1lx(螢光燈為 2lx)之範圍。

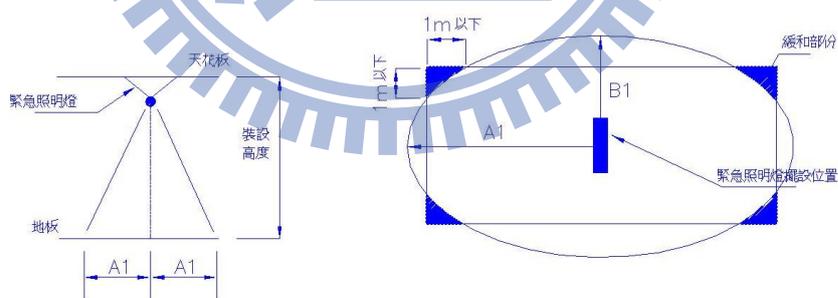


圖 2.4.4 雙面對稱配光之單體配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

- (4) 單面對稱配光之情形 (如圖 2.4.5)
- 所謂 A1、A'1，係在 A 斷面配光方向，可以確保 1lx(螢光燈為 2lx)之範圍。A1 為緊急亮燈之燈泡方向之值；A'1 為反方向之值。
- 所謂 B1、B'1，係在 B 斷面配光方向，可以確保 1lx(螢光燈為 2lx)之範圍。B1 為緊急亮燈之燈泡方向之值；B'1 為反方

向之值。

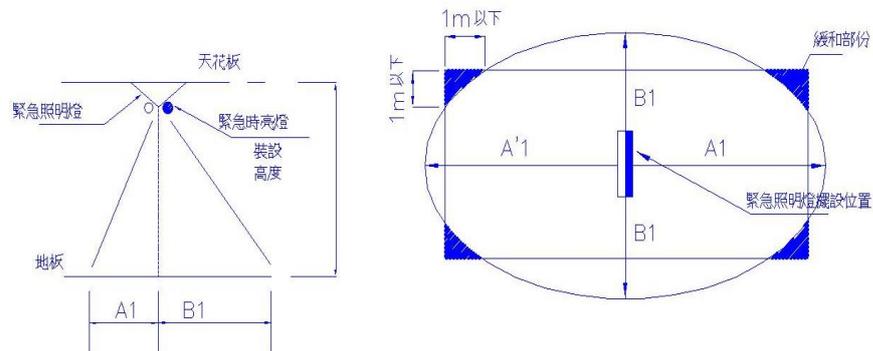


圖 2.4.5 單面對稱配光之單體配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

3. 直線配置：這是在走廊等狹長之避難通道上配置器具之方式。在設置間隔表計算時，將走廊寬度設定為 2m，使用兩具器具之配光來設定可以確保緊急時照度之配置裝設間隔為 A2、B2。

- (1) 走廊之寬度在 2m 以下時，使用設置間隔表各器具裝設高度之 A2、B2 值作設置設計。
- (2) 軸對稱配光之情形（如圖 2.4.6）
  - a. 走廊配光之邊端配置在 A1 以下。
  - b. 第二具以後配置在 A2 以下。
  - c. 照度重疊部分 1lx(螢光燈為 2lx)。

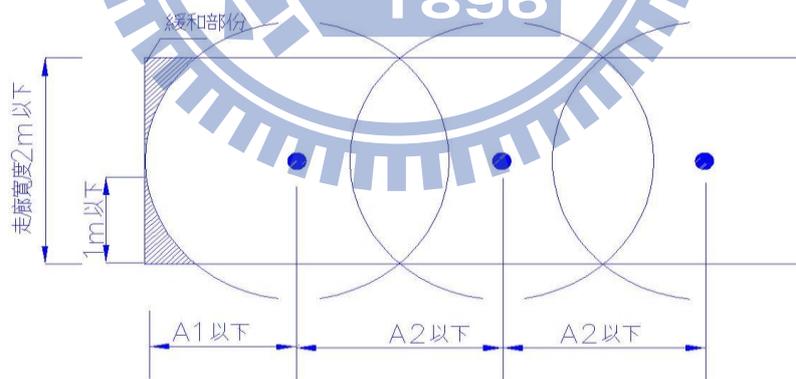


圖 2.4.6 軸對稱配光之直線配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

(3) 雙面對稱配光之情形

- a. 以 A 斷面配光方向配置之例（如圖 2.4.7）  
照度重疊部分 1lx(螢光燈為 2lx)。

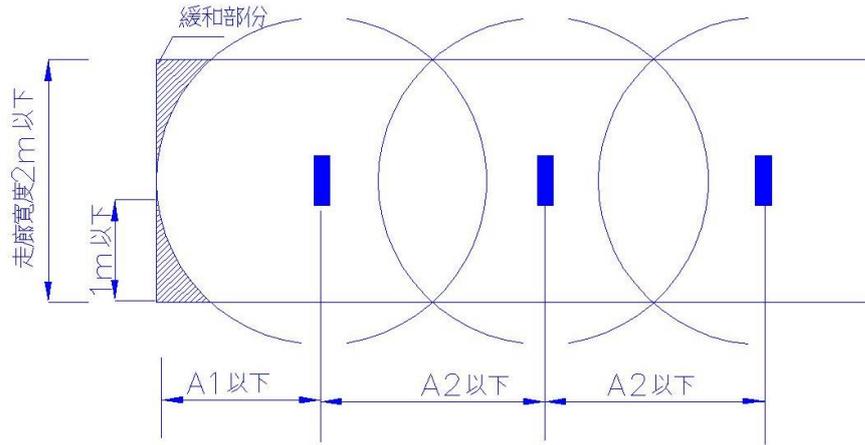


圖 2.4.7 雙面對稱配光之 A 斷面直線配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

b. 以 B 斷面配光方向配置之例 (如圖 2.4.8)

照度重疊部分 1lx(螢光燈為 2lx)。

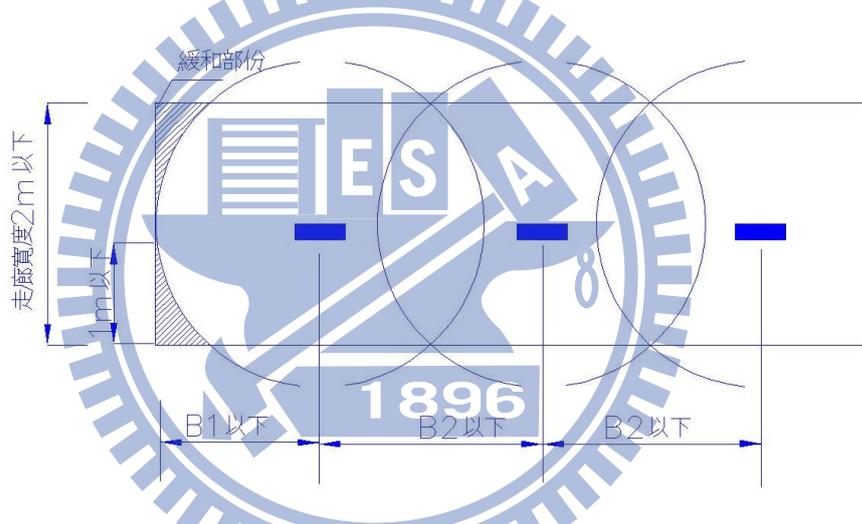


圖 2.4.8 雙面對稱配光之 B 斷面直線配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

(4) 單面對稱配光之情形

a. 以 A 斷面配光方向配置之例 (如圖 2.4.9)

係使用 A1、A'1 之距離中較小之值。

照度重疊部分 1lx(螢光燈為 2lx)。

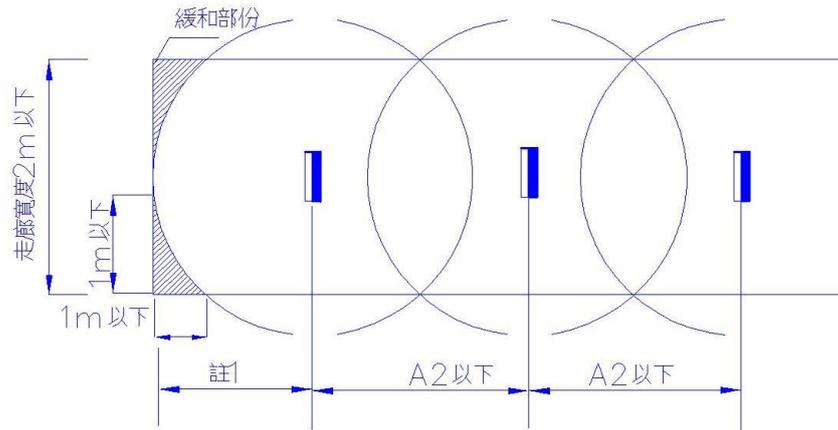


圖 2.4.9 單面對稱配光之 A 斷面直線配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

b. 以 B 斷面配光方向配置之例 (如圖 2.4.10)

係使用 B1、B'1 之距離中較小之值。

照度重疊部分 1lx(螢光燈為 2lx)。

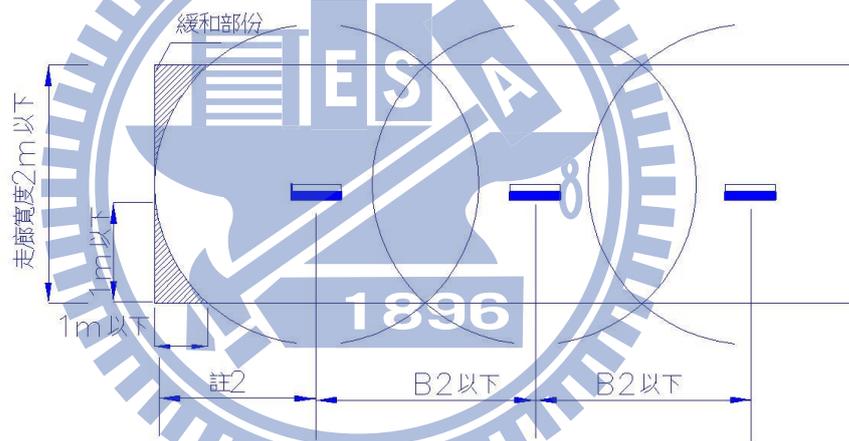


圖 2.4.10 單面對稱配光之 B 斷面直線配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

(5) 走廊寬度超過 2 公尺時(如圖 2.4.11)

參考狹長型之居室，而使用四角配置中之 A4、A0 值。

照度重疊部分 1lx(螢光燈為 2lx)。

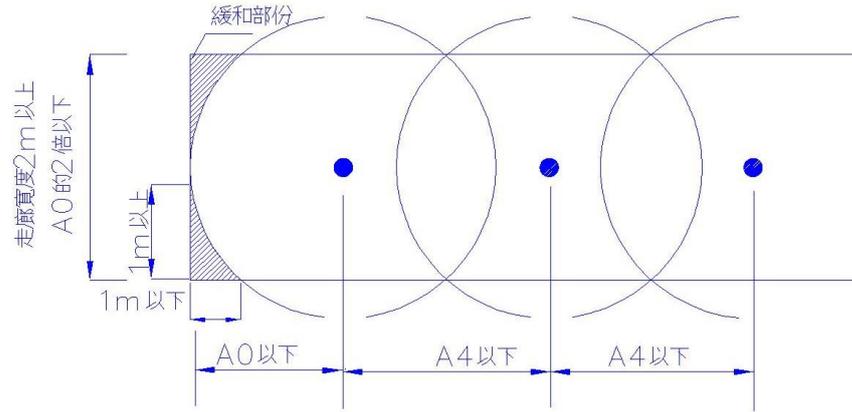


圖 2.4.11 走廊寬度超過 2 公尺時之直線配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

4. 四角配置：設置於寬廣之居室等空間中所使用之方式，係將四具器具之配光加以重疊以可以確保緊急時照度之設置間隔。設置間隔之計算係以離牆壁第一具之距離設定為 1 公尺計算所得之值 A4、B4 據以設置之方法。

- (1) 使用設置間隔表之 A4、B4 之值按各器具裝設高度進行配置設計。但在此情形時考慮居室邊端部分會有緩和部份設定為 1 公尺。

a. 軸對稱配光之情形

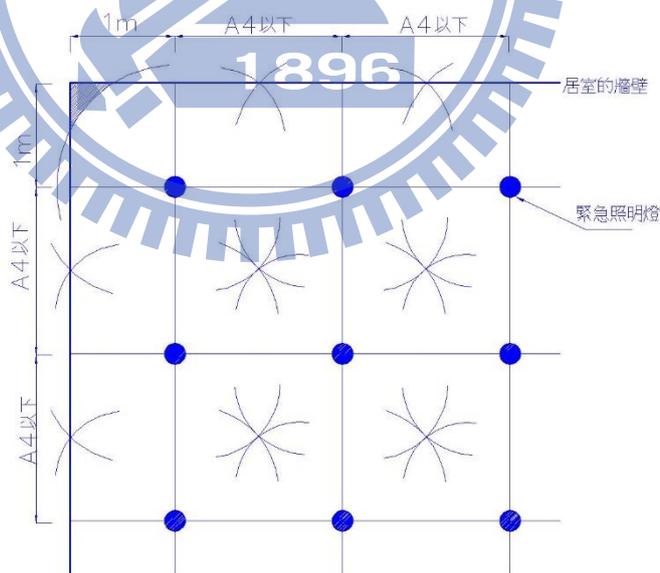


圖 2.4.12 軸對稱配光之四角配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

b. 雙面對稱配光之情形

以 A 斷面配光方向配置之例

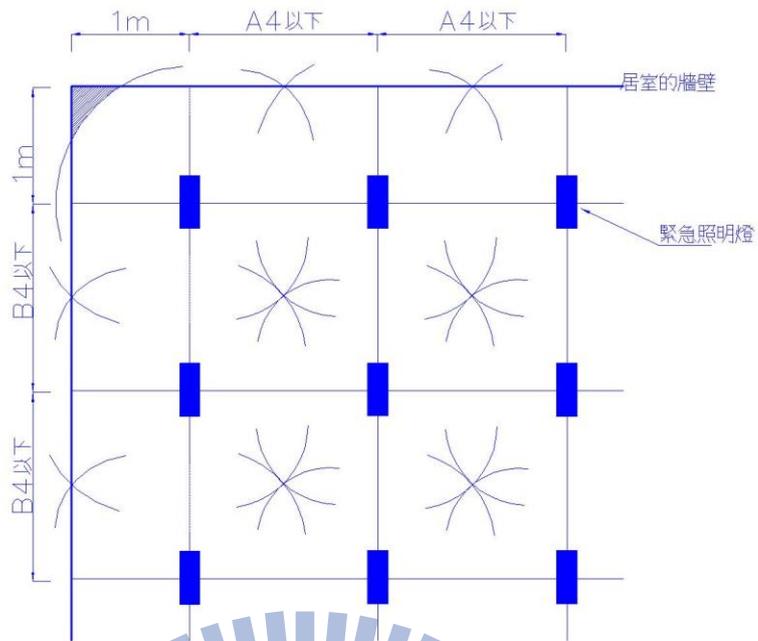


圖 2.4.13 雙面對稱配光之 A 斷面四角配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

以 B 斷面配光方向配置之例

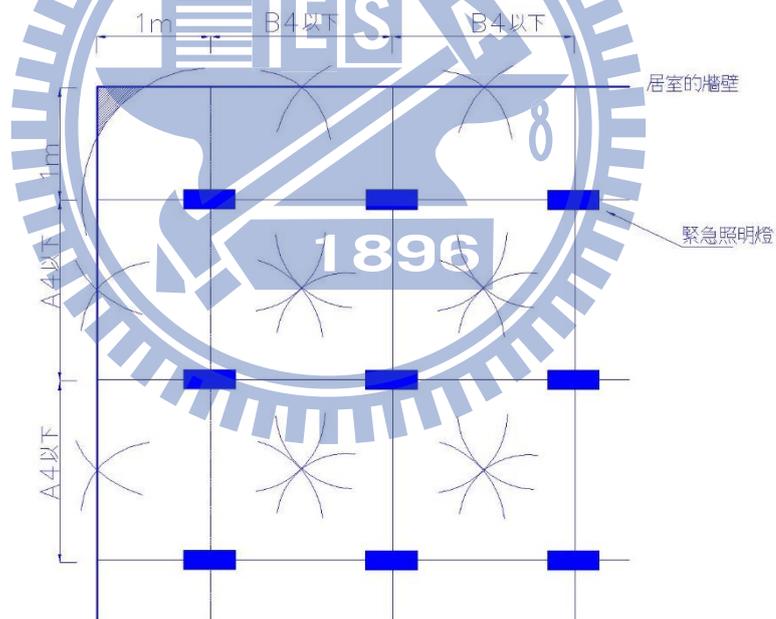


圖 2.4.14 雙面對稱配光之 B 斷面四角配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

c. 單面對稱配光之情形

以 A 斷面配光方向配置之例

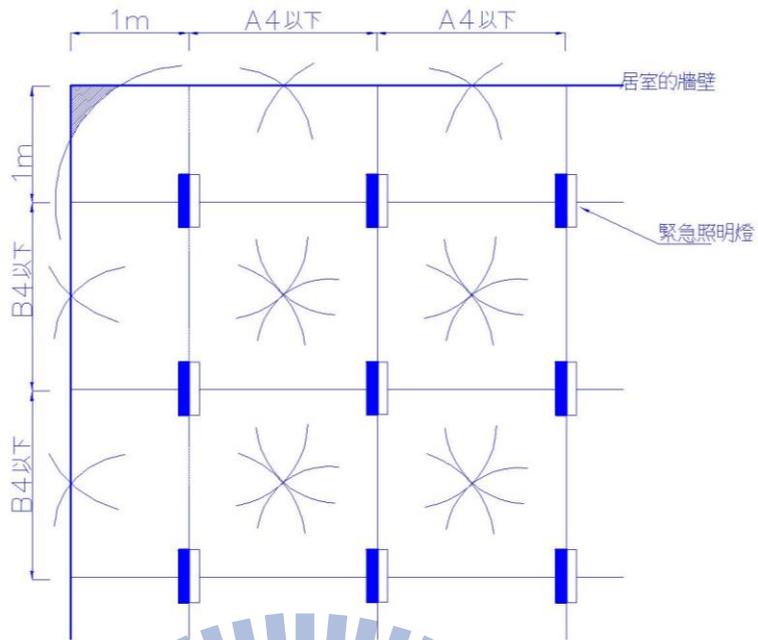


圖 2.4.15 單面對稱配光之 A 斷面四角配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

以 B 斷面配光方向配置之例

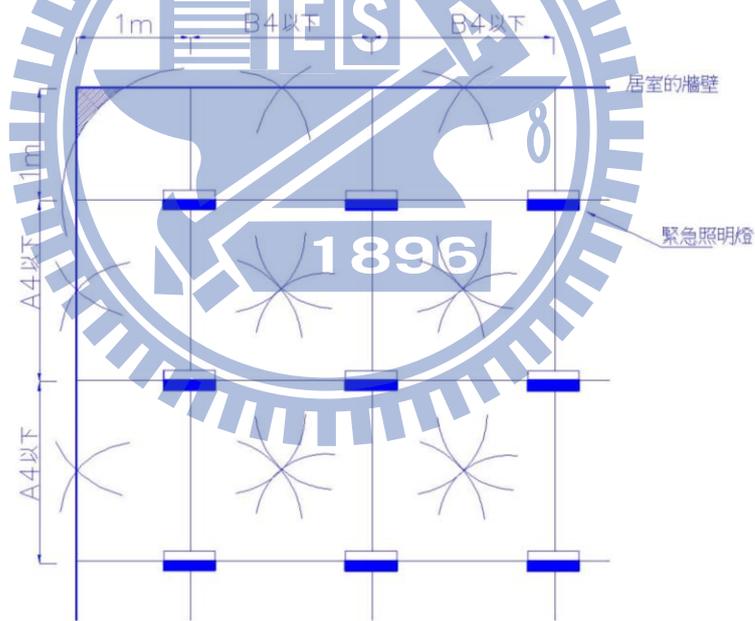


圖 2.4.16 單面對稱配光之 B 斷面四角配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

(2) 距離牆壁 1 公尺以上設置時

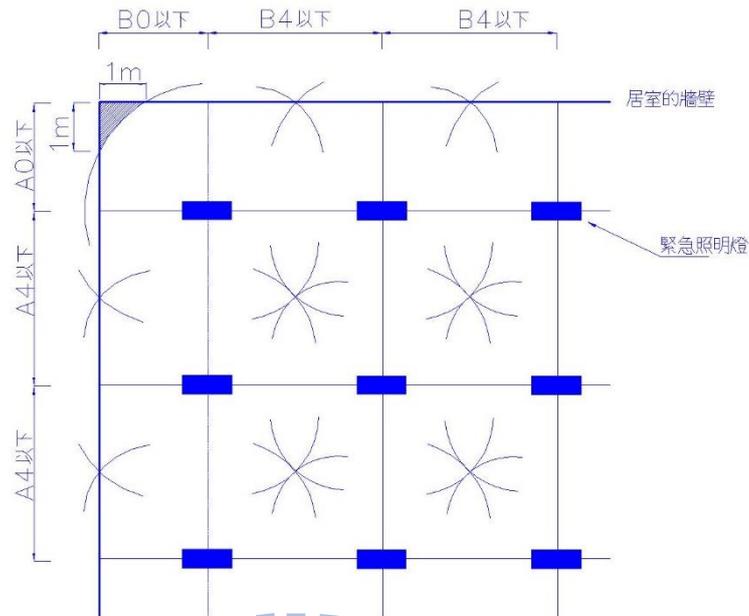


圖 2.4.17 距離牆壁 1 公尺以上設置時之四角配置例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

- a. 所謂 A0、B0，係在四角配置下，可以確保 2lx 之距離牆壁最大裝設間隔。
  - b. 所謂 A4、B4，係在四角配置下，可以確保 2lx 之最適當裝設間隔。
5. 樓梯：裝設於樓梯之緊急照明器具，其配置係依如下計算決定裝設高度或裝設間隔。
- (1) 直接裝設於梯前空間或梯台之器具，以逐點法測量出如圖 2.4.18 中 (1)、(2)、(3)、(4) 四個位置之緊急照度，並確認可以保持 1lx(螢光燈為 2lx)。原則上樓梯全寬應在 4m 以下才適用，如果超過 4m 時建議應該增加利用逐點法計算之位置數目。
  - (2) 如係梯前空間天花板裝設器具、梯台壁掛之情形，也以逐點法測量出 (1)、(2)、(3)、(4) 四個位置之緊急照度，並確認可以保持 1lx(螢光燈為 2lx)。
  - (3) 樓梯配置表之標示
    - a. 樓梯配置表之標示例如表 10。
    - b. 裝設高度原則上為 1m、1.5m、2m、2.5m、3m、4m、5m，其他之高度則視需要增列。
    - c. 表示通道寬度之 Y 值為 1m、1.5m、2m，其他之寬度則視需要增列。
    - d. 有關照度值，則以 0.5lx 與 1lx (日光燈為 1lx 與 2lx) 標示。

樓層平台照明器具固定於天花板，而中間平台為壁掛之情形

樓層平台與中間平台照明器具固定於天花板之情形

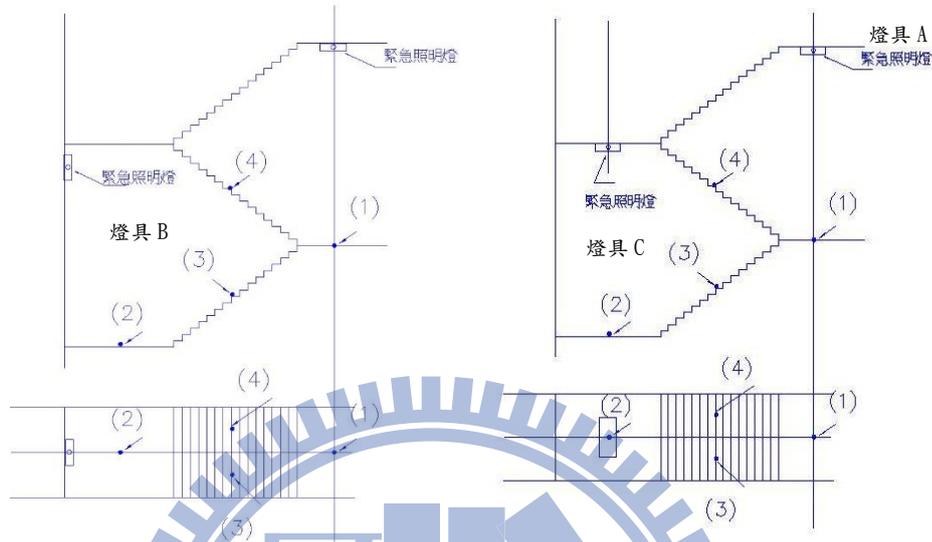


圖 2.4.18 樓梯配置之例

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

表 10 日本樓梯配置表例

設置高度			1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	4.0m	5.0m
樓梯配置	Y=1m	2 lx	X+						
			X-						
	1 lx	X+							
	Y=1.5m	2 lx	X+						
			X-						
	1 lx	X+							
Y=2m	2 lx	X+							
		X-							
	1 lx	X+							

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

e. 可以確保所需照度以上之範圍以 X+、X- 標示。(如圖 2.4.19)。

X+：係指可以確保樓梯方向在所需照度以上之範圍（寬度 Y (m)）。

X-：係指可以確保中間方向在所需照度以上之範圍（寬度 Y (m)）。

照度 0.5lx 時，僅可標示 X+。

f. 如係軸對稱配光、雙面對稱配光時，因 X+ 與 X- 之值相同，所以只用 X+ 標示。

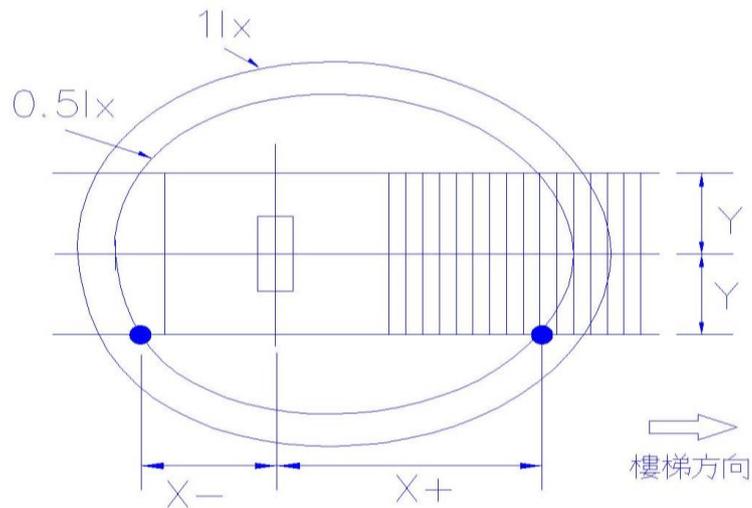


圖 2.4.19 樓梯器具配置與照度範圍

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

(4) 使用樓梯配置表

- a. 製造商須能依照要求，提供樓梯配置圖。
- b. 製造商須視需要，在發行的廣告物(型錄)或規格圖面與其他光學資料(計算軟體)標示設置間隔表或樓梯配置圖。

(5) 樓梯配置使用範例

a. 中間平台等地板面

如圖 2.4.18 所示，燈具設置於天花板或中間平台牆面時，要確認地板面(1)單體是否能確保靠燈具 A 能有 1lx(日光燈為 2lx)之照度。

為了要確認地板面是否有足夠的照度，要從樓梯寬度(Y)與燈具安裝高度，讀取樓梯配置表照度 1lx(日光燈為 2lx)的 X+, X- 讀值。該讀值如果比圖面中標示的地板範圍還大，就能確保照度。同樣的也要確認地板面(2)是否能確保靠燈具 B 單體能有足夠的照度。

地板面照度可以不使用表 10 樓梯用配置圖，而使用表 9 設置間隔表的單體配置方式。

b. 樓梯階梯板面

如圖 2.4.18 中，樓梯階梯板面(3)照度，可由燈具 A 及燈具 B 提供足夠照度，必須確認重疊部分照度是否達 1lx(日光燈為 2lx)。

確認照度時，使用樓梯配置表，讀取通路寬度(Y)與照度 0.5lx(日光燈為 1lx)，高度則讀取包含階梯板面的數值，並填入如圖 2.4.20 的樓梯截面圖。

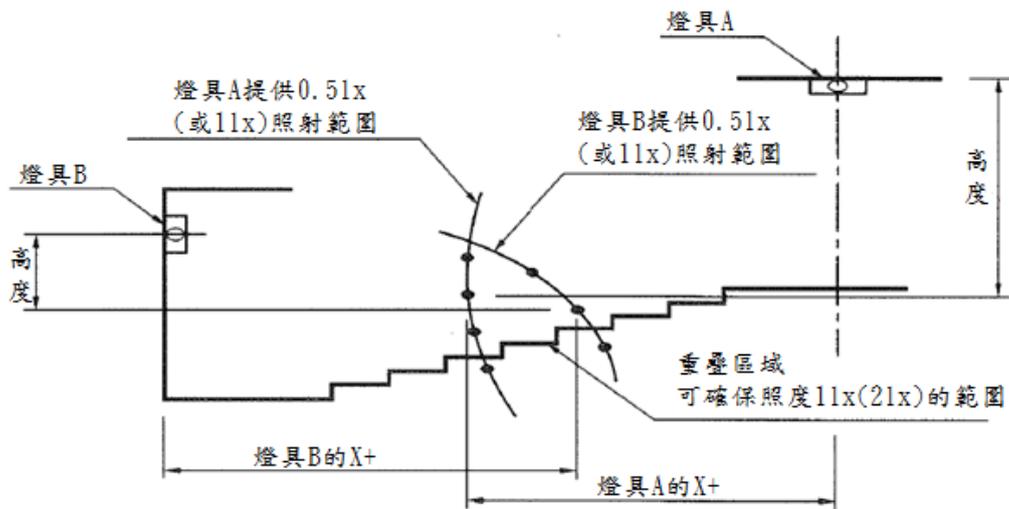


圖 2.4.20 樓梯階梯板面的照度確認

資料來源：JIL 5501-2009 附錄 4

### 2.4.3 英國及歐盟規定

英國(BS 5266-1)及歐盟(EN1838)國家並無特殊指定要求設置場所，而是規定應設置地點。所有場所只要有下列指定地點皆應設置。

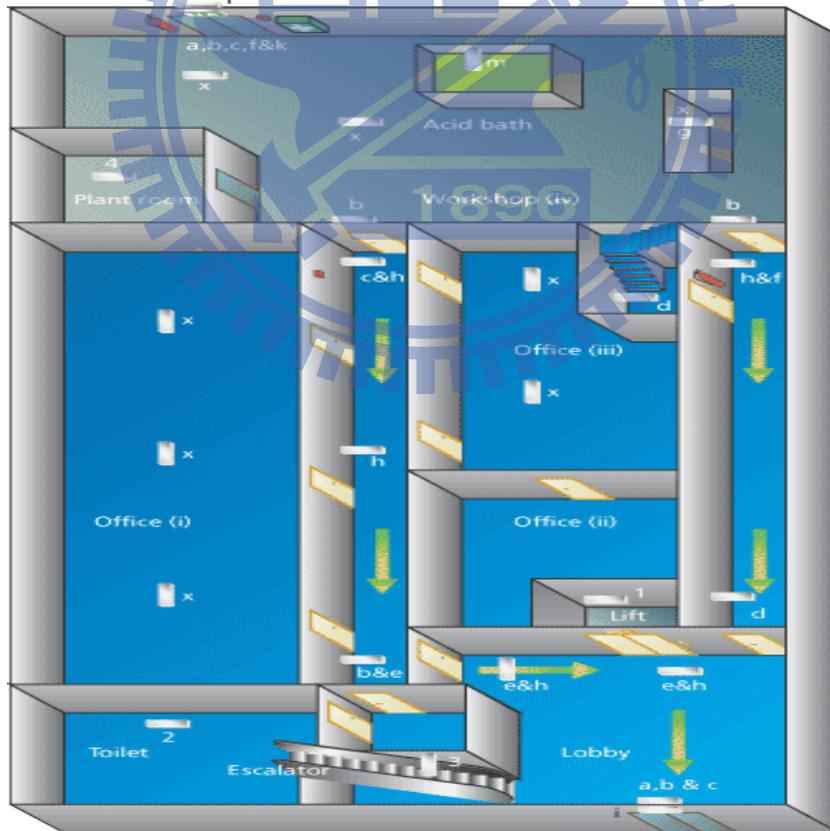


圖 2.4.21 英國及歐盟緊急照明燈應設地點示意圖

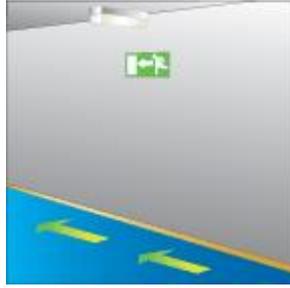
資料來源：蘇源在，國內緊急照明燈設置標準與檢測基準適用性研究

## 1. 在避難路徑上應設置地點（至少需要兩套緊急照明）

A 在每個出口



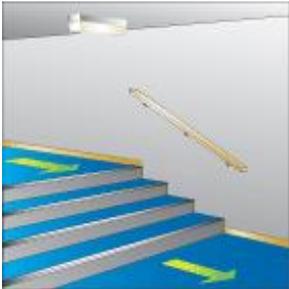
B 有避難標示的地方



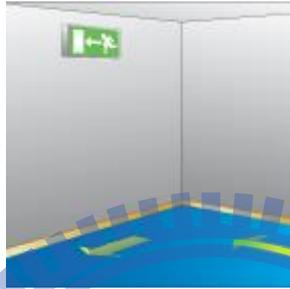
C 在緊急電話附近



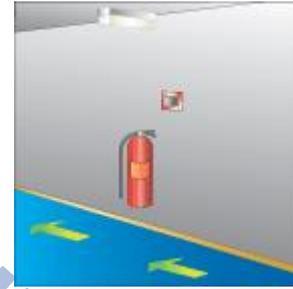
D 每個樓梯附近



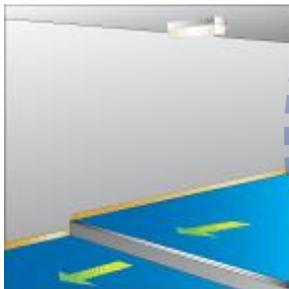
E 在轉向及轉角的地方



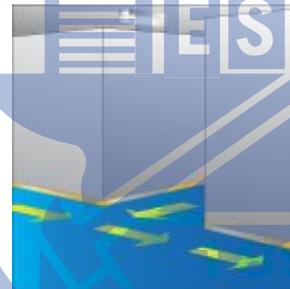
F 在有消防設備附近



G 地板有水平變動



H 在逃生路線有交叉的位置



I 於最後出口的外部

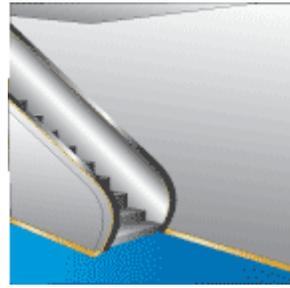
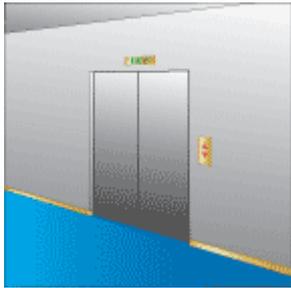


K 在急救設施附近



## 2. 其他非避難路徑應設置地點

- (1) 電梯裡：雖然只在特殊情況下電梯可能成為避難路徑的一部分。但是在一般電力供應中斷的情形下有可能有受困人員，可避免恐慌。
- (2) 洗手間：面積超出 8m<sup>2</sup>有殘障設施或沒有有效採光之洗手間。
- (3) 自動扶梯



- (4) 電氣室：在電力中斷的情形下，提供的緊急照明協助所有維護或作業人員。
- (5) 有屋頂之停車空間：應該在正常步行逃生路線上設置至少持續 1 個小時以上之緊急照明。

### 3. 開闢面積之區域

- (1) 辦公室面積在  $60\text{m}^2$  以上之區域。
- (2) 面積  $60\text{m}^2$  以下，但該區域為避難逃生上必須通過的區域。
- (3) 高度達四公尺以上之工廠。
- (4) 高風險的作業區域。

另外，依據有關於緊急照明系統設置方式如下說明

1. 依照英國(BS 5266-1Pt7)及歐盟(EN1838)相關標準規定，於避難路徑中心線上需至少  $1\text{lX}$  的照度，最大與最小之照度比值不能超過  $40:1$ ，且在 5 秒內要達 50% 以上照度值，60 秒內要完全符合最低照度規定。

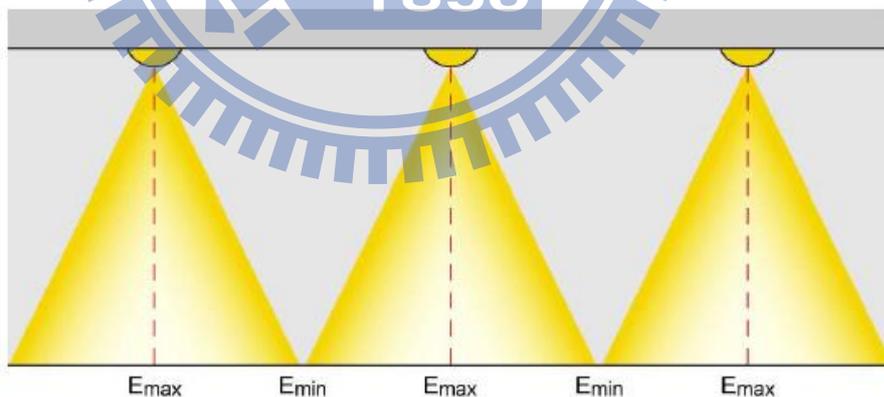


圖 2.4.22 最大與最小照度範圍示意圖

資料來源：EN 1838 Emergency Lighting

2. 開闢區域(面積大於  $60\text{m}^2$ )，除周邊  $0.5\text{m}$  的區域，其照度值需達到  $0.5\text{lX}$ 。
3. 設置方式需依廠商所提供之間隔表擺設。

Britelite			Escape route 2m wide 1 lux min				Open (anti-panic) area 0.5 lux min			
Luminaire type	Mounting height (m)	Lux level directly under								
<b>Self-contained</b>										
NM	2.5	3.28	3.9	11.3	4.0	2.0	4.0	12.0	6.0	1.9
	4.0	1.28	2.1	9.6	5.6	1.2	3.3	14.8	7.2	1.9
	6.0	0.57	-	-	-	-	1.6	12.4	7.4	0.8
M	2.5	2.75	3.3	10.7	5.2	1.8	3.7	11.7	5.8	1.8
	4.0	1.07	1.5	8.0	5.0	0.7	3.5	14.2	7.0	1.7
	6.0	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-

圖 2.4.23 英國及歐盟緊急照明燈具設置間隔表例  
資料來源：BS 5266-1 英國緊急照明準則

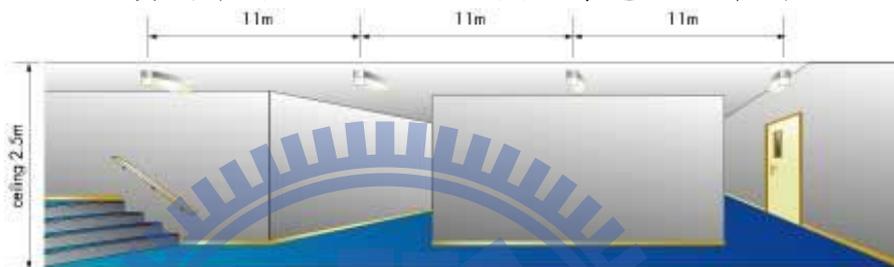


圖 2.4.24 英國及歐盟緊急照明燈具避難通道設置例  
資料來源：BS 5266-1 英國緊急照明準則

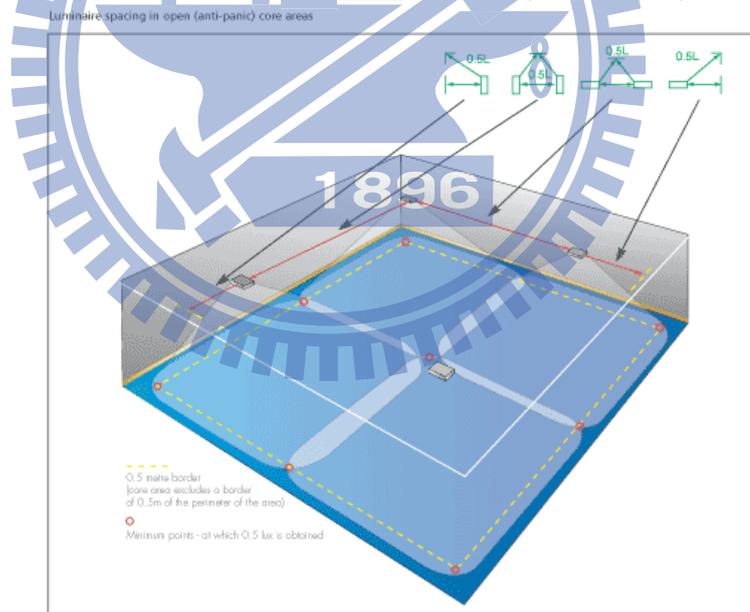


圖 2.4.25 英國及歐盟緊急照明燈具開闊空間設置例  
資料來源：BS 5266-1 英國緊急照明準則

#### 2.4.4 NFPA101 相關規定

美國消防協會(NFPA)在其 NFPA 101 Life Safety Code 為規範建築物內緊急避難之相關消防安全設計，其中在章節 7.9 緊急照明有關於緊急照明性能及設置相關規定，本研究摘錄如下表說明。

表 11 NFPA101 有關於緊急照明部分條文摘譯

章節	內容摘譯
7.9.1	一般規定
7.9.1.1	緊急照明設備的出口方式，依據 7.9 節規定： 在第 11 章至第 42 章建築與結構的需求。
7.9.1.2	對於 7.9.1.1 的目的，逃生通道(exit access) 應包含唯一指定的樓梯，通道、走廊、坡道，自動扶梯和過廊等出口。 對於 7.9.1.1 的目的，逃生出口(exit discharge)應包含唯一指定的樓梯，通道、走廊、坡道，自動扶梯和過廊等公眾通道。
7.9.1.3	維持照度的能源改變時，應不允許超過 10 秒的延遲。
7.9.2	系統性能
7.9.2.1	緊急照明時間不小於 1-1/2 小時。 緊急照明設施的佈置應提供平均初始照度不小於 10.8lx (1 英尺燭光)，在任何時候，測量沿路徑出口處的地面水平，不低於 1.1lx (0.1 英尺燭光)。 水平照明應允許下降到平均不低於 6.5lx (0.6 英尺燭光)，在任何時候，90 分鐘後不小於 6.5lx (0.06 英尺燭光)。最大與最小照度之比不得超過 40 比 1。
7.9.2.2	緊急照明系統的配置須提供在正常照明中斷的情況下可自動提供所需的照明，中斷事件如： (1)公共事業或其他外部電力供應故障。 (2)斷路器或開關的開路。 (3)手動行為。
7.9.2.4	電池供電的緊急照明燈應使用唯一可靠類型的充電電池在正常充電情況下，維持他們提供適當的設施。 在這樣的燈光用的電池或單位應當批准其擬定用途，並應符合 NFPA70。
7.9.2.5	緊急照明系統需能連續運作且能自動運作，無須人工干預。
7.9.3	緊急照明設備的定期測試
7.9.3.1.1	緊急照明系統的測試需求應符合下列幾點： (1)功能試驗在 30 天內不得小於 30 秒。 (2)功能試驗每年進行緊急放電不得少於 90 分鐘。 (3)緊急照明設備應完全符合前述兩點要求之持續時間。 (4)相關檢查應有書面紀錄以供具管轄權之機關備查。

資料來源：NFPA101 Life Safety Code:2009

## 2.5 小結

藉由本章節文獻整理，將可以了解光學領域與照明領域的發展，以及相關特性、基本性質、國內與國際各國對緊急照明系統(或設備)的要求與設計方向等訊息，吾人將其整理如下幾點心得，以作為後續研究探討之方向：

### 1. 照明的基本光學理論

由 2.1 光學的基本理論可以很清楚了解，光、可見光、光通量、光強度、照度、輝度等相關定義以及原理公式，以及顏色、色溫、發光效率以及演色性等與燈具性能比較相關的名詞定義，可以知道這些與照明或者說是光相關的定義與知識，已經算是相當成熟的原則，後續的發展將以這些作為底層的基本工具來進行。

以下為光通量、光強度、照度、輝度之簡易說明圖例



圖 2.5.1 光基本特性說明圖例

資料來源：PHILIPS 的 Basics of light and lighting<sup>33</sup>

由上圖左至右，分別為光通量(單位 lm)、光強度(單位 cd)、照度(單位 lx)、輝度(單位 cd/m<sup>2</sup>)的簡易表示方式。

前面四種光特性的相互轉換關係如下圖：

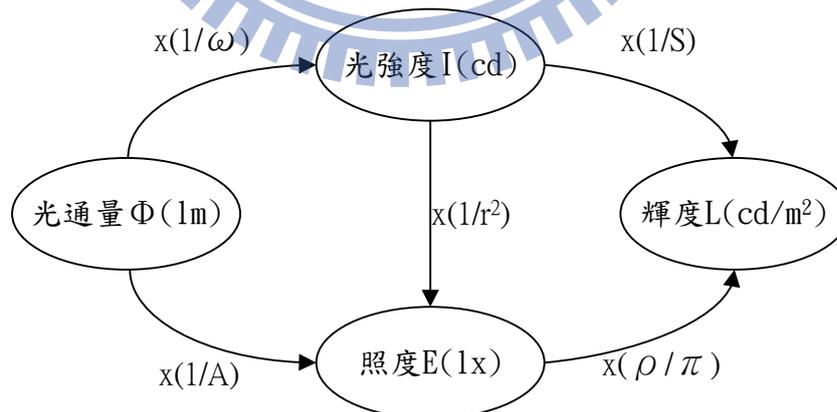


圖 2.5.2 光特性參數相互轉換關係圖

資料來源：本研究自行整理

### 2. 照明光源的演進與變化

照明的演變與照明光源的發展有極大的關聯，從第一個鎢絲燈泡被

<sup>33</sup> 取自 PHILIPS 公司技術手冊，「Basics of light and lighting」內容摘要。

發展至今，已經演變好幾個世代，如白熾燈、日光燈、鹵素燈、氣體放電燈泡到近幾年最熱門的 LED 發光二極體等發光光源被普遍運用以及汰換，其被著墨的性能也不外乎有更大的輸出、最佳的效率以及節能環保、舒適性、能最佳的使用環境等，都是燈具發展的歷史痕跡。

以目前來說，頗具節能議題的 LED 燈就是照明界中最熱門的也是最具爭議與有研究價值的，LED 燈特性就是體積小、穩定、耗能小，但與其他光源最大的差異，就是指向性明顯、色偏嚴重、耗能雖小但發光效率卻沒有其他光源來得好，且因其發光原理，散熱不易也是缺點，雖然壽命較長但受溫度影響大，容易產生顏色衰退現象，所以近幾年相關的研究、規範都是以 LED 作為題目。其中以北美目前所推的能源之星為主要使用光源，從 LM79 規範 LED(固態照明)產品的電氣與光度量測開始，各國大都就參照該標準作為一個依循，包含本國 CNS 中國國家標準所也開始以該標準制定一系列的照明相關標準，包含以科學的方式與技術定義燈具的光學特性，以便於照明設計使用。

### 3. 一般照明與緊急照明

一般燈具與緊急照明燈具最大的不同，在於使用時機與使用輸入電源方式，一般燈具是以市電為主要供應電源，以全負載方式提供室內作業活動所需之照明，大都設計者多設計(或配置)300lx~600lx 照度範圍，因為做為長期照明使用，其對人的感官也相當重視，例如相對色溫、演色性、輝度等有關於舒適感相關的數值，也是其設計規畫重點，但緊急照明主要目的在於停電時，提供室內黑暗的環境可供照亮避難路徑、出口或其他必要設備設施使用之最小照明，另外尚有舒緩內部人員心情與緊張狀態之功能，緊急照明通常採備用電源(或備用電池)緊行供電。由前述相關資料收集，緊急照明大多為附加燈具，平時僅充電不亮燈，等停電時自動亮燈可重複自動運作，但因所需的照度較一般照明少，所以設計的量較一般照明少。

### 4. 各國緊急照明系統的設計方向

本研究收集國內、日本、歐洲英國 BS(EN)、以及美國 NFPA 等國際其他國家有關於緊急照明系統相關設計設置表準，其中相似規定都以最低避難時之水平照度為設計規範，供避難之水平照度規範在 1lx~10lx 範圍間，照度並不高，歐美還有最大及最小照度比之條件(防眩光)、以及維持照度持續時間等相關規定，規定上除日本外都以 90 分鐘為緊急照明時間，日本則分為 30 分鐘(一般型)與 60 分鐘(特殊型)兩種。設置位置雖各國標準各有不同，但原則上都以避難路徑、出口為主要設計方向，另外歐洲標準尚包含供消防避難以及搶救之設備所在位置應有足夠照度作為緊急照明使用。

### 5. 國內緊急照明燈的問題與課題

由文獻的蒐集與整理發現國內照明燈的使用有以下幾點問題：

### (1)設計公式基本數據(光通量值)的使用

使用於設計之光通量通常以燈管光通量作為計算，但實際上使用是以燈具為主，未考慮燈具構造、遮光與聚光之結構都會造成實際光通量與燈管裸管的光通量有差異，數據不同結果自然有所差異。

### (2)燈具緊急放電功率與燈管額定功率

在蘇源在「國內緊急照明燈設置標準與檢測基準適用性研究」的論文中即指出，現在設計規畫都以燈管全負載下的光通量作為設計，但實際上燈具在緊急放電時之消耗功率往往不足燈管規格之一半，實際上光通量與設計有極大差異，套用於該公式自然有極大的落差

### (3)燈具的安裝方式(照明方向)

設計審查時以安裝位置在天花板位置向下照明進行設計規劃，但在實際使用上，卻都使用壁掛式的緊急照明燈，明顯的與原設計燈具不符，經調查又採一半的防護半徑當作設置基礎，明顯有錯。

### (4)燈具指向性

以前白熾燈泡，日光燈管等傳統燈管，其光學分布特性較均勻，對應傳統公式對地面照度之計算，其誤差率較小，但目前緊急照明燈多以LED及PL燈，安裝在側牆邊，其光學分布特性有明顯的指向性，下圖為白熾燈與LED燈光強度分布，由該圖得知，以傳統的公式來進行設計規劃，將導致大幅的誤差，設計規劃形同虛設。

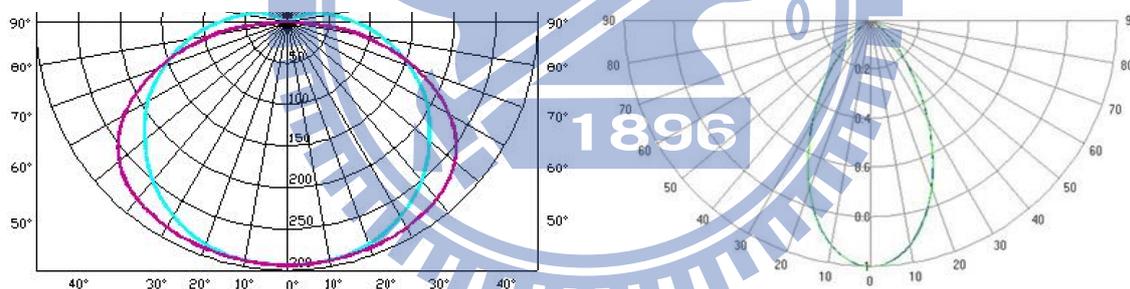


圖 2.5.3 日光燈管(T8)(左圖)與LED燈泡(右圖)光強度分布圖

資料來源：研究者自行整理

### (5)現場照度驗證的不確實

現場照度驗證時，未考慮現場環境照度就對測試結果的影響，實務上也無法驗證避難路徑上所有的地表水平照度都滿足2lx的規定，大都以隨機選擇幾點來應付法規上的規定，人為因素將決定消檢的結果，是故可以說目前緊急照明燈的設置規定與其功能，形同虛設。

他山之石可以攻錯，本研究目的在於以一般照明之光學量測技術，取得正確的燈具基本光學特性，藉由正確數據的取得以及以科學計算的方式，進行最佳設計與配置，以改善前述錯誤。

### 三、研究方法與設定

本研究計畫的方法與相關測試設定，可分為四大部分，第一部分為實驗樣品的選取，第二部分為實驗方法的設定，針對燈具於照明時可能影響其光特性的變因建立各項參數；第三部分為實驗儀器系統之應用，運用配光曲線儀(測角分度計)與相關儀器探討各種燈具之差異性，並討論針對國內設置標準的規定進行燈具光特性之評估；最後，將針對目前普遍用於一般照明設計的模擬軟體 DIALux 進行了解，試著將實驗結果數據導入，進行緊急照明設計與燈具配置之模擬與比對。

#### 3.1 光強度分布實驗設備與原理概論

藉由文獻的整理，本研究將以配光曲線儀做為緊急照明燈光學量測的方法，以下將針對光強度分布實驗中所需要使用到的設備-配光曲線儀及光強度分布測定之原理進行說明。

##### 3.1.1 光強度分布(配光曲線)基本計算概論

光源或燈具在某一方向上的發光強度(光強度  $I$ )被定義為單位立體角內的光通量。光強度只取決於光源或燈具各個方向光通量密度的分佈，也就是說只與發光強度有關，與距離無關。假設燈具發光面中心為球心，通過球心在各方向上描述其光強度分布所繪製之圖，謂之配光曲線圖。

配光曲線圖有以下三種表示方法：

##### 1. 極座標表示法

在通過光源中心的測光平面上，測出燈具在不同角度的光強值。從某一方向起，以角度為函數，將各角度的光強用向量標注出來，連接向量頂端的連線就是照明燈具極座標配光曲線。如果燈具是有旋轉對稱軸，則只需用通過軸線的一個測光面上的光強分佈曲線就能說明其光強在空間的分佈，如果燈具在空間的光分佈是不對稱的，則需要若干測光平面的光強分布曲線才能說明其光強的空間分佈狀況。

##### 2. 直角坐標表示法

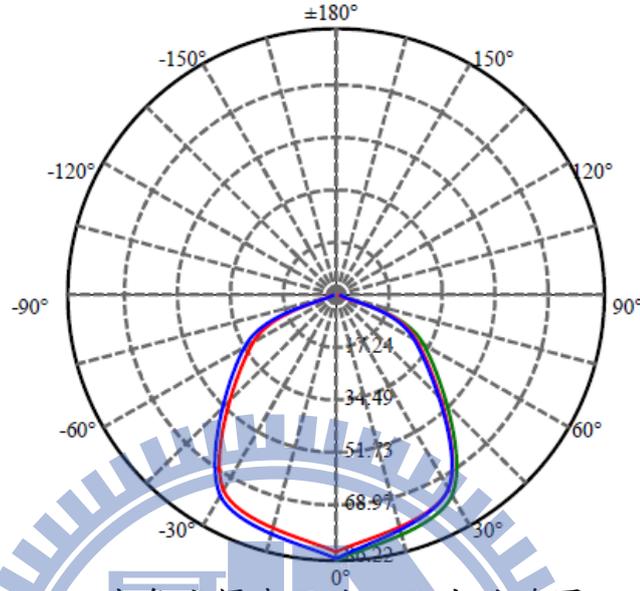
當指向性強的燈具，由於光束集中在十分狹小的空間立體角內，很難用極座標來表達其光強度的空間分佈狀況，就可以採用直角座標配光曲線。直角坐標以豎軸表示光強度  $I$ ，以橫軸表示光束的投射角度，如果是具有對稱旋轉軸的燈具則只需一條配光曲線來表示，如果是不對稱燈具則需多條配光曲線表示。

##### 3. 等光強度表示法

將光強度相等的向量頂端連接起來的曲線稱為等光強曲線，將相鄰等光強曲線的值按一定比例排列，畫出一系列的等光強曲線所組成的圖稱為等光強曲線圖，常用的圖有圓形網圖，矩形網圖與

正弧網圖。由於矩形網圖既能說明燈具的光強分佈，又能說明光量的區域分佈，所以目前投光燈具採用的等光強曲線圖都是矩形網圖。

極座標表示法之配光曲線圖



直角座標表示法之配光曲線圖

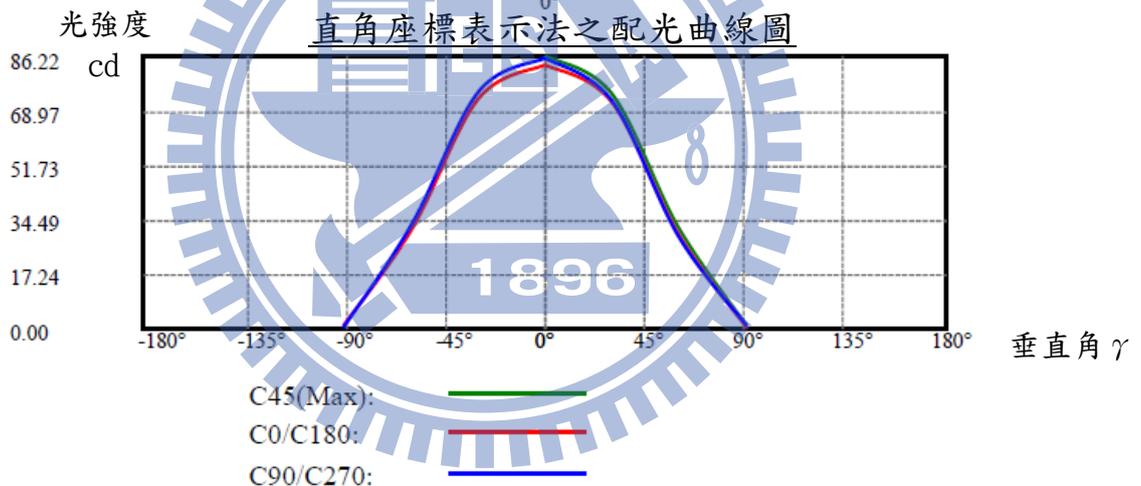


圖 3.1.1 配光曲線結果表示圖例

資料來源：本研究實驗圖例

### 3.1.2 配光曲線儀基本架構

配光曲線儀，又稱為測角光度計(goniophotometer)或分布光度計，主要是測量光度量（照度或光強）隨空間角度變化的光度計，通常包括一個用於支承和定位被測光源的機械機構（即旋轉檯）和光度探測器(照度計)以及其他必需的感測器和測量信號處理系統等。基本性能必須符合國際照明委員會 CIE70:1987、CIE84:1989 與 CIE121:1996 規定要求。

測角光度計應滿足下列條件：

1. 測角光度計應具有良好的消雜散光性能，光度計置於測光暗室中，或測量光路在遮光筒的遮蔽下不被外界雜散光干擾；
2. 在測量中，待測燈具始終處於規定的點燈狀態，且在測量過程中應

- 處於穩定的靜止狀態；
3. 測角光度計的角度精度不得低於  $0.2^\circ$ ，步距不得低於  $0.1^\circ$ ；
  4. 測角光度計必須用標準光通量燈或標準光強度光源校準；
  5. 測角光度計中的照度計(光度計)應滿足標準級要求， $V(\lambda)$ 失配係數  $f_i < 3.5\%$ ，且光度線性應在  $\pm 0.2\%$ ；光度計至少要有四位有效數字顯示，具備餘弦校正性能。
  6. 測角光度計應具備完整的軟體功能，可提供的資料和曲線至少包括：光強度曲線、等照度曲線、亮度和眩光分析、光通量等，資料輸出格式(IES 檔)符合 CIE 102:1993 的要求。

配光曲線儀可進行光通量測量，在測光暗房裡，使用探測器旋轉式測角光度計以照度分布積分法來實現總光通量測量，將被測燈具放在測角光度計上，使燈具處於點燈狀態，燈具的發光中心處於測角光度計上的旋轉中心。在足夠多的發光平面上已足夠小的角度間隔測量，以測角光度計的光度探測器到被測燈具發光中心之間的測量距離為半徑(R)的虛擬球面上的各點照度。一般來說平面角度間隔一般為  $5^\circ$ ，平面內的角度間隔為  $1^\circ$ ，當被測燈具尺寸較大或光束角較窄時，應採用更小的平面間隔和角度步長，以保證照度分布的取樣完整性。

用照度分布積分法計算燈具總光通量，其原理式如下：

$$\Phi_{tot} = \int_{(S_{tot})} E \times ds = \int_0^{4\pi} r^2 E(\varepsilon, \eta) d\Omega = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi r^2 E(\varepsilon, \eta) \sin\varepsilon d\varepsilon d\eta \quad (7)$$

式中：

- $\Phi_{tot}$  為總光通量 (lm)；
- $E$  為包圍待測燈具的虛擬球表面的照度 (lx)；
- $S$  為虛擬球面積 (m<sup>2</sup>)；
- $r$  為虛擬球面的半徑 (m)；
- $S_{tot}$  為虛擬球上的表面面積 (m<sup>2</sup>)；
- $(\varepsilon, \eta)$  為空間角，如下圖所示

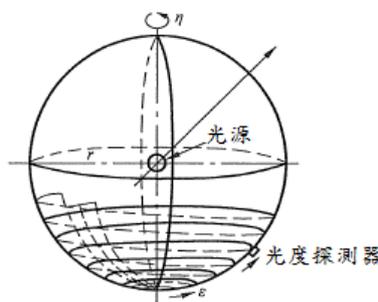


圖 3.1.2 光通量計算原理示意圖

資料來源：GB/T 24824-2009<sup>34</sup>

<sup>34</sup> GB/T 24824，普通照明用 LED 模塊測試方法，2009 年版，大陸國家標準。

此外，除前面所述的照度積分法來進行光通量量測外，尚可利用光強度積分法來量測光通量，將燈具放在測角光度計上，燈具的發光中心處於測角光度計上的旋轉中心。在足夠多(10<sup>0</sup>或更小間隔)的測量平面上以足夠小的角度間隔測量(一般為5<sup>0</sup>或更小)，測量燈具在各空間方向上的光強度。用數值積分法計算燈具總光通量和區域光通量：

$$\Phi_{tot} = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} I(\varepsilon, \eta) \sin \varepsilon d\varepsilon d\eta \quad (8)$$

$$\Phi_{zone} = \int_{\eta_1}^{\eta_2} \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} I(\varepsilon, \eta) \sin \varepsilon d\varepsilon d\eta \quad (9)$$

式中，

$\Phi_{tot}$  和  $\Phi_{zone}$  為總光通量和區域光通量；

( $\varepsilon$ ,  $\eta$ ) 為空間角。

CIE 84：1989 建議的測量總光通量的探測器旋轉式測角光度計原理示意圖和典型結構示意圖如圖 3.1.3 所示。測量總光通量的探測器旋轉式測角光度計應能使待測物按標準測量狀態被點亮，並儘量使其光度中心處於測角光度計的旋轉中心，被測樣品在光度取樣中保持靜止狀態；探測器旋轉式測角光度計的光度探測器應正面面對被測物，直接接收來自被測物的光束。

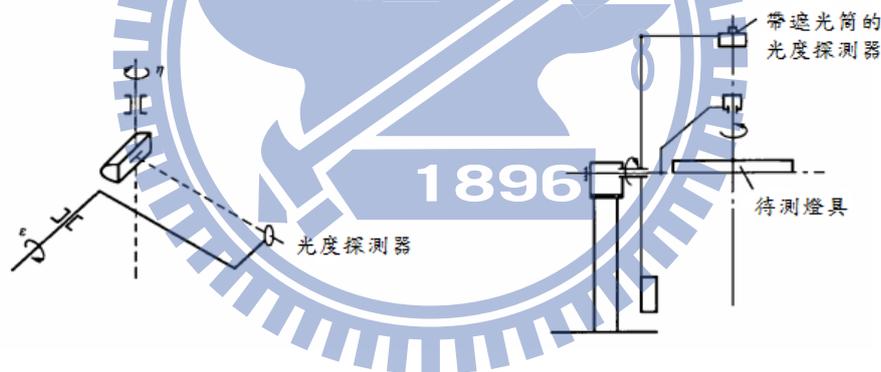


圖 3.1.3 CIE84 測量光通量的測角光度計原理和典型結構示意圖

資料來源：CIE 84-1989

當為了滿足待測燈具光強度的距離要求，如使用前述建議的探測器旋轉式測角光度計，因為空間需求限制，這僅能使用於小尺寸燈具的光強度分布量測，所以為了實現大尺寸照明燈具(尤其是 LED 燈具)光強度分布量測所要求的測量距離，因此將採用其他類型的測角光度計。

目前常見的配光曲線儀(測角光度計)結構有分為以下幾種，中心旋轉反光鏡式測角光度計、圓周運動反光鏡式測角光度計和旋轉燈具式測角光度計以及雙鏡反射式測角光度計，各種結構各有其使用特點以及適用於不同燈具的搭配性，必須審慎選擇，以避免或減少其不足所帶來的影響。

#### 1. 中心旋轉反光鏡式測角光度計

這種測角光度計結構是一款比較常見的旋轉式測角光度計，

該測角光度計有三個旋轉軸。主軸驅動反光鏡繞其中心點旋轉，將燈具的光反射到探測器上。與此同時，燈臂調整軸同步逆向旋轉始終保持燈架處於垂直位置，從而實現燈具在 $\gamma$ 方向的測量。探測器與旋轉主軸處於同一直線上，根據測試燈具的類型及功率，探測器離開反光鏡的距離可以調節，一般採用兩種光度測試距離。 $C-\gamma$ 軸旋轉實際等效於探測器圍繞以燈具為中心的垂直球面旋轉主軸（水準軸）的旋轉，實現燈具在 $\gamma$ 方向的測量，它的運動軌跡相當於地球的緯線方向。探測器測量各經緯線交叉點上的照度值。這種結構中的燈具可在 $C-\gamma$ 平面或錐面系統中測量。

在旋轉反光鏡式測角光度計中測量光束軸線恆定不變。在儀器的光電探測頭和測量燈具之間安裝數個消雜散光光欄；燈具照到地面、牆面等其它表面上的反射雜光被光欄完全隔除。在該系統中，待測燈具能始終保持標準測量狀態。

由於燈具必須在較大空間範圍運動，在暗房中存在房間高低上下溫度差，導致燈具始終處於一個變動的環境溫度下，流動的空氣會改變燈具周邊溫度場分布，對裸光源或 LED 燈具影響較大，所以待測燈具的發光穩定性不如其他系統。

國際照明委員會 CIE 針對這種系統的燈具移動速度做出規定，要求燈具周圍氣流速度應小於 0.2m/s。



圖 3.1.4 中心旋轉反光鏡式測角光度計示意圖

資料來源：GB/T 24824-2009



圖 3.1.5 中心旋轉反光鏡式測角光度計

資料來源：三色光電有限公司產品型錄<sup>35</sup>

## 2. 燈具旋轉式測角光度計

燈具旋轉式測角光度計使待測光源繞其水平軸和垂直軸旋轉而保持探測器靜止，如下圖示意圖所示。

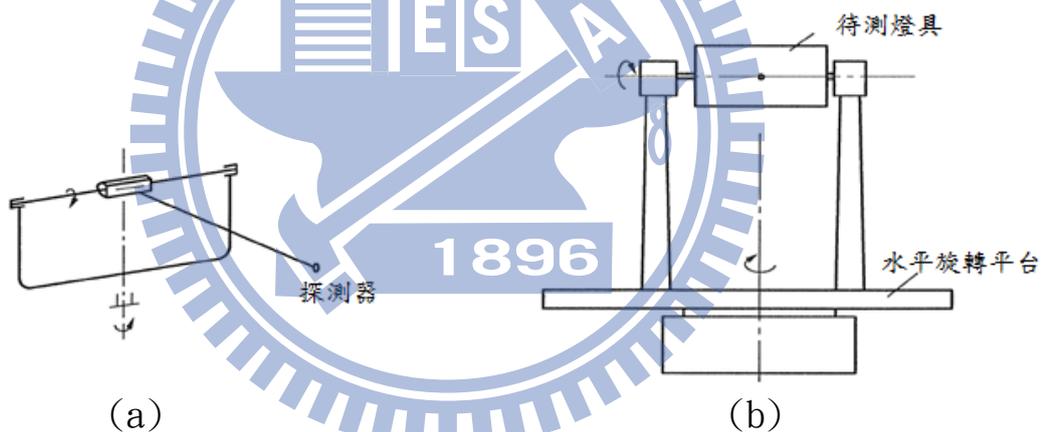


圖 3.1.6 燈具旋轉式測角光度計原理(a)及結構示意圖(b)

資料來源：GB/T 24824-2009

該系統的優點在於系統本身構造簡單，自身穩定性高且造價便宜。但在該系統待測燈具在測量中始終處於運動狀態，會不斷旋轉燈具，改變燈具的狀態，不適合於氣體放電燈等光電參數較容易受其工作狀態變化或對溫度有高靈敏影響之燈具。

<sup>35</sup> 中心旋轉反光鏡式測角光度計，三色光電有限公司網站型錄，2014.1，<http://www.sensing.com.tw>。



(雙柱式)



(單柱式)

圖 3.1.7 燈具旋轉式測角光度計

資料來源：三色光電有限公司產品型錄

### 3. 雙鏡反射式測角光度計

該測角光度計的待測燈具處於旋轉中心，僅繞其垂直軸旋轉，旋轉反光鏡繞待測燈具旋轉，將燈具在某一方向上量測光束反射到遠處的第二反光鏡上，並通過第二反光鏡反射到探測器中。

這系統因待測燈具在測試過程中保持靜止的點燈狀態，發光穩定性高，且量測距離因為使用反射原理，所以佔用空間較小，但對系統穩定性有較高的要求。

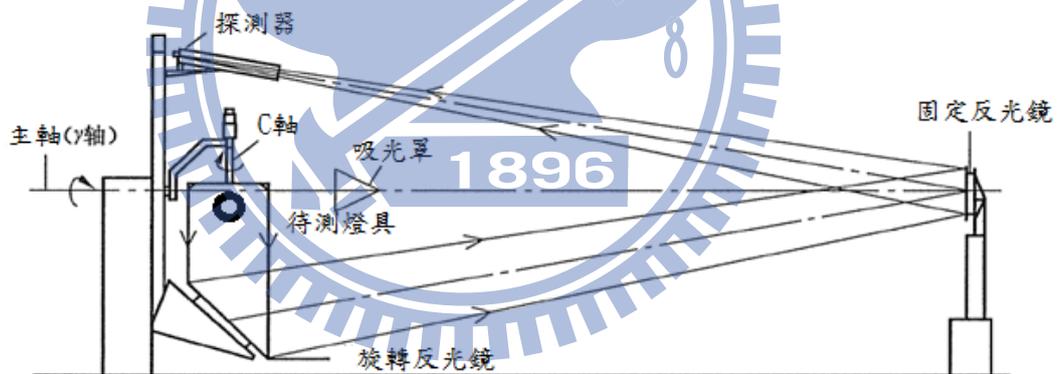


圖 3.1.8 雙鏡反射式測角光度計示意圖

資料來源：GB/T 24824-2009

### 4. 圓周運動反光鏡式測角光度計

圓周運動反光鏡式測角光度計中的待測燈具處於旋轉中心，僅繞其自身垂直軸旋轉，反光鏡繞於待測燈具旋轉，將在某一方向上測量光束發射到與旋轉反光鏡同步旋轉的探測器中。

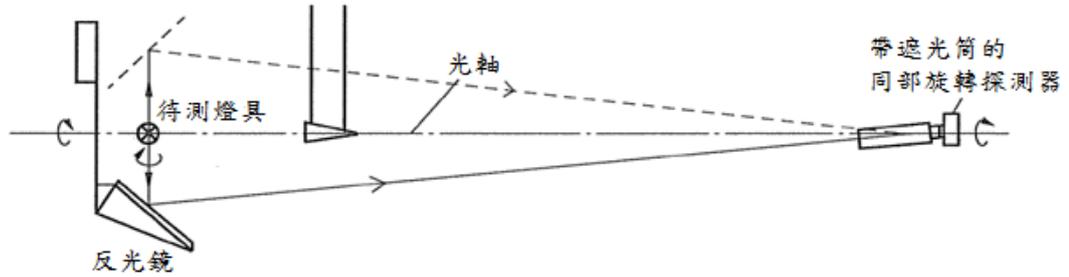


圖 3.1.9 圓周運動反光鏡式測角光度計示意圖

資料來源：GB/T 24824-2009

該系統的待測燈具按規定位置點亮，且在光度取樣試驗過程中完全處於靜止狀態。

此系統的優點在於待測燈具的發光穩定性高，但相較於雙鏡測角分度鏡而言，所需空間較大。另外也可將帶長消光桶的同步旋轉探測器改為固定的探測器（探測器與前方遮光桶均固定不動），但這樣的設計將導致探測器開孔過大而容易引起較多雜散光和信號光束不能垂直射到探測器上，而造成量測精度下降。



圖 3.1.10 圓周運動反光鏡式測角光度計

資料來源：三色光電有限公司產品型錄



圖 3.1.11 圓周運動反光鏡式測角光度計測試系統圖例

資料來源：三色光電有限公司產品型錄

### 3.1.3 配光曲線檔案輸出格式說明

配光曲線實驗的輸入(量測)內容，在電氣量測部分為輸入電壓、消耗電流、功率因素及消耗功率，在光學量測部分，為燈具的  $C$  角(水平角)、 $\gamma$  角(垂直角)以及對應各角度的光強度量測值，由輸入內容經過電腦程式計算，會有一組配光曲線數據，以一定的格式來存放，以便於後續其他軟體辨識與使用。目前國際通用標準格式主要區分為 CIE 的 CIBSE/1 TM-14 標準檔案格式與 IES 的 IES LM-63 標準檔案格式兩種。本研究案使用輸出的格式為 IES 標準檔案格式。

IES 配光曲線數據資料有以下內容：

1. 測試報告編號。
2. 燈具型錄號。
3. 燈具說明。
4. 光源型錄號。
5. 光源說明。
6. 其他資訊。(Other)
7. 光源在燈具的幾何資料。
8. 傾斜角度與該角度之乘數因數。
9. 傾斜角度。
10. 乘數因數。
11. 光源數、流明數/光源、乘數、垂直角度數量、水平角度數量、光度資料類別、單位類別、長、寬、高。
12. 安定器因數、安定器光源光度因數、輸入瓦數。
13. 垂直角度。
14. 水平角度。
15. 第 1 水平角全部垂直向光度值、第 2 水平角全部垂直向光度值、...、最後一水平角全部垂直向光度值。

## 3.2 實驗樣品設定

### 3.2.1 樣品選擇

本研究以目前市面上使用量最大、最普遍的緊急照明燈作為實驗樣品選擇，選擇依據包含光源種類、功率規格以及安裝方式等三種規格，依光源種類分為螢光燈(T5)、螢光燈(PL)及發光二極體(LED)三種光源，依不同安裝方式分為嵌頂式、吸頂式(山型)、壁掛式三種，有關於本研究選擇之實驗樣品，請參閱表 12 內容。

表 12 實驗樣品規格一覽表

樣品 編號	光源規格	安裝方式	樣品照片
樣品 1	螢光燈 PL13W	嵌頂式	
樣品 2	螢光燈 PL13W	壁掛式	
樣品 3	LED 7.56W (108 顆 LED)	嵌頂式	

<p>樣品 4</p>	<p>LED 7.56W (108 顆 LED)</p>	<p>壁掛式</p>	
<p>樣品 5</p>	<p>LED 1.68W (24 顆 LED)</p>	<p>嵌頂式</p>	
<p>樣品 6</p>	<p>LED 1.26W (18 顆 LED)</p>	<p>壁掛式</p>	

樣品 7	螢光燈 T5 14W	吸頂式 (山型)	
---------	---------------	-------------	--

資料來源：本研究者自行整理

### 3.2.2 實驗設定

緊急照明燈動作原理為平時以常用電源對蓄電池進行充電，停電後切換至蓄電池供電，或切換至緊急電源供電，作為緊急照明使用，故要進行實驗則必須以燈具的緊急電源進行供電，依目前選擇的樣品，其緊急供電電源均為內置電池(樣品預備電源規格請參閱表 13)，所以實驗設定必須以預備電源方式下進行供電，使樣品處於緊急照明狀態。

實驗過程中，如果以燈具內附的預備電源進行供電，恐造成試驗過程中供應電壓隨時間而下降，導致實驗結果變動過大而喪失其正確性，且各燈具在充飽電下，其電壓皆不相同，也無一致性，所以在考量本研究是為了解緊急照明燈在放電照明狀態下進行光特性影響因子之評估分析，且為使實驗可以有一致性的基準條件有其相互比對、研究之價值，所以設定實驗電壓為燈具內置電池的標稱電壓值，屏除內置電池供電時間與電壓對燈具特性所造成的影響，實驗過程中全程將以直流電源供應器進行穩壓供電，直到實驗結束。

另外，為了解放電電壓對緊急照明燈具光特性之影響，本研究取其樣品 1 以及樣品 3，以 90%標稱電池電壓進行配光曲線實驗，藉此了解放電電壓對於其光特性影響面有哪些，以作為後續產品設計及驗證之標準。

本研究另以樣品 7 作為不同光源之研究，以目前最普遍的 840(色溫 4000K)燈管以及 865(色溫 6500K)燈管作為實驗燈管，研究不同色溫燈管對於光特性之差異。

為了解緊急照明燈實際消耗功率與光通量及其他光學特性之影響，實驗過程以電力計紀錄燈具輸入電壓(V)、消耗電流(mA)、使用功率(W)等數值。

表 13 實驗樣品電源規格與實驗電壓一覽表

樣品編號	光源規格	電池規格	試驗設定電壓
樣品 1	螢光燈 PL13W	鉛酸電池 6V	6.0 dcV
			5.4 dcV(90%電壓)
樣品 2	螢光燈 PL13W	鉛酸電池 6V	6.0 dcV
樣品 3	LED 7.56W(108 顆)	鎳氫電池 3.6V	3.6 dcV
			3.24 dcV(90%電壓)
樣品 4	LED 7.56W(108 顆)	鎳氫電池 3.6V	3.6 dcV
樣品 5	LED 1.68W(24 顆)	鎳氫電池 3.6V	3.6 dcV
樣品 6	LED 1.26W(18 顆)	鎳氫電池 3.6V	3.6 dcV
樣品 7	螢光燈 T5-14W(840)	鉛酸電池 6V	6.0 dcV
	螢光燈 T5-14W(865)		

### 3.2.3 實驗環境與流程

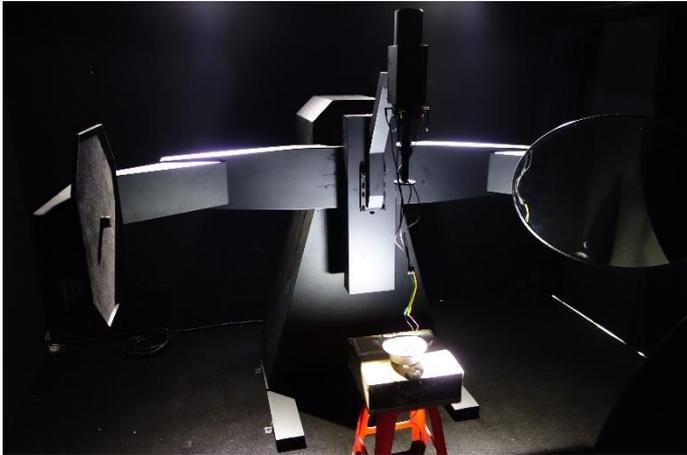
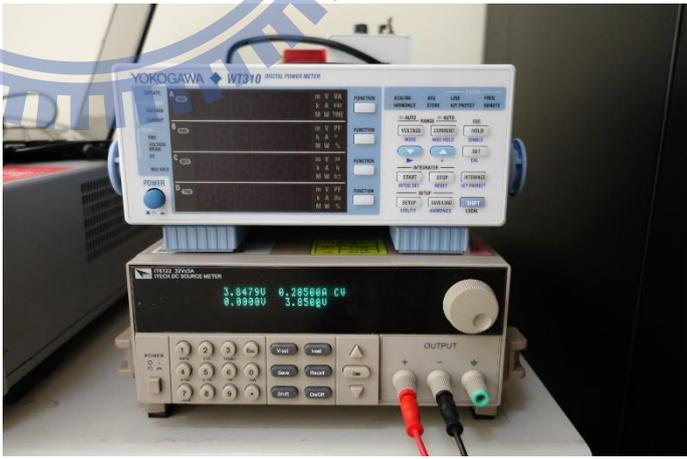
#### 1. 實驗室環境說明

本研究實驗主要以配光曲線量測進行實驗內容，實驗場所在一暗房環境，室內尺寸為 3m(寬) x 3m(高) x 6m(長)約略空間，四周壁面採不具反射率之黑色布幕即無光黑漆裝潢，實驗過程中，燈具樣品環境溫度控制(25±1)°C，相對溼度為 65%以下，在實驗過程中則控制在±5.0%範圍內。

#### 2. 實驗設備

實驗設備包含一組配光曲線測試分析系統，一台直流電源供應器，電力分析儀以及計時器，相關實驗儀器如下表所示。

表 14 實驗相關儀器設備一覽表

實驗儀器及規格說明	儀器設備照片
<p>配光曲線測試分析系統            用途：光強度分布量測使用            廠牌：浙大三色            型號：GMS-1980            類型：C type            種類：圓周運動反光鏡式            標準：符合 LM79-08 標準            角度解析度：0.1°            角度分辨率：<math>\gamma</math>角 0.0016°                              C角 0.03°</p>	
<p>電力分析儀            用途：輸入電壓電流量測            廠牌：YOKOGAWA            型號：WT-210            規格：電壓 0 to 600V                  電流 0 to 10A                  功率 0 to 5kW            誤差：電壓 0.5%以內                  電流 0.5%以內                  功率 0.5%以內</p>	
<p>直流電源供應器            廠牌：ITECH            型號：IT6122            規格：32V/3A</p>	

環境溫濕度記錄器

廠牌：HOLA

型號：CTH-5A

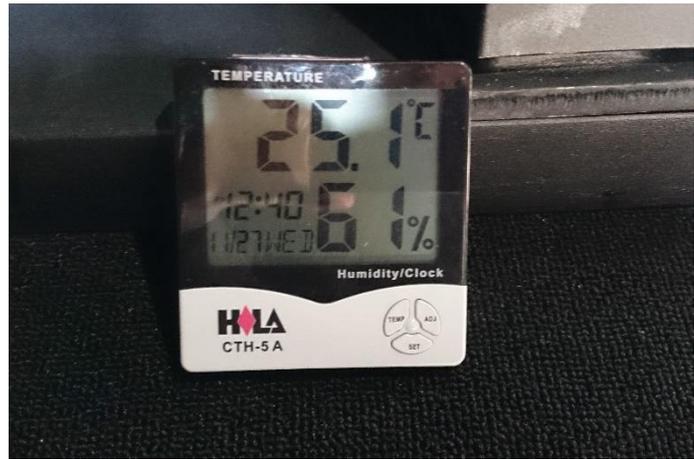
規格：-10°C~50°C

20%RH~99%RH

解析度：溫度 0.1°C

相對溼度 1%

誤差：1.0°C 內、5%RH 內



計時器(碼表)

廠牌：CASIO

型號：HS-3

規格：0~9 時 59 分 99 秒

解析度：0.01 秒

誤差：0.1 秒內



### 3. 實驗流程

將燈具樣品安裝固定於配光曲線儀中心位置，開關位置朝右邊，燈發光面朝下方，以直流電源供應器進行供電，並以電力分析儀取其輸入電壓值及消耗電流值並計算消耗功率，安裝圖例如下圖所示。

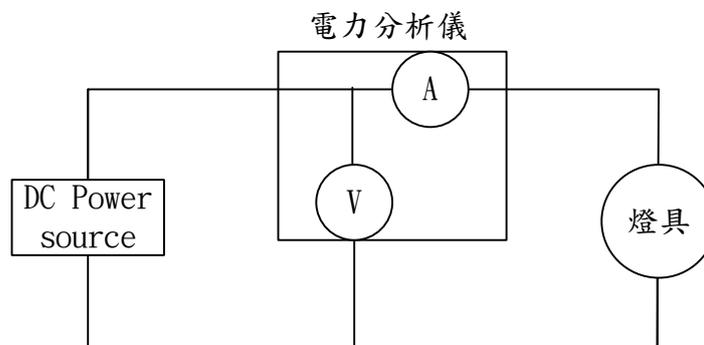


圖 3.2.1 燈具電功率量測安裝圖例

資料來源：本研究者自行整理

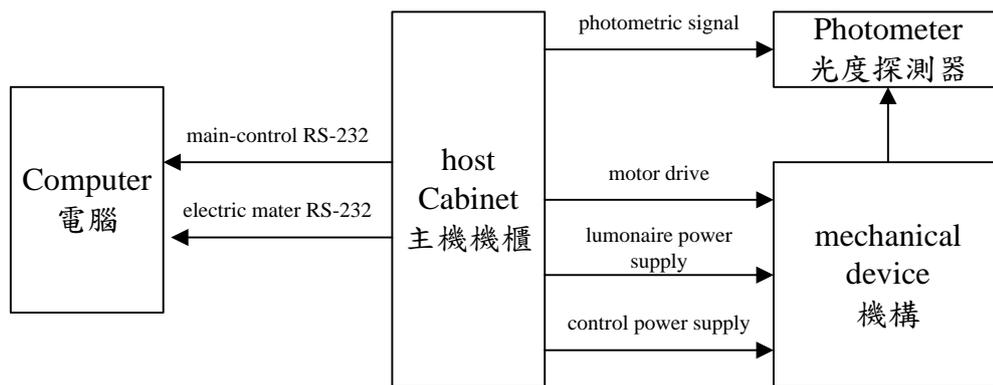


圖 3.2.2 本研究使用之配光曲線系統架構圖  
資料來源：配光曲線儀(GMS-1980)使用手冊資料



圖 3.2.3 實驗燈具安裝配置照片  
資料來源：本研究者自行整理

在電腦端設定實驗條件及進行操作輸入，設定 C 角度實驗量測範圍從  $0^{\circ}$  ~  $360^{\circ}$ ，步距為  $5^{\circ}$ ，即水平角度每五度量測；因燈具屬於半周光特性，垂直角接近  $90^{\circ}$  時已沒有光強分布值，在初步量測時發現光強半峰值大約在  $60^{\circ}$ ~ $65^{\circ}$  附近，所以本研究設定  $\gamma$  角實驗量測範圍從  $0^{\circ}$ ~ $90^{\circ}$ ，步距為  $5^{\circ}$ ，即垂直角度每五度量測。相關量測原理如下圖所示：

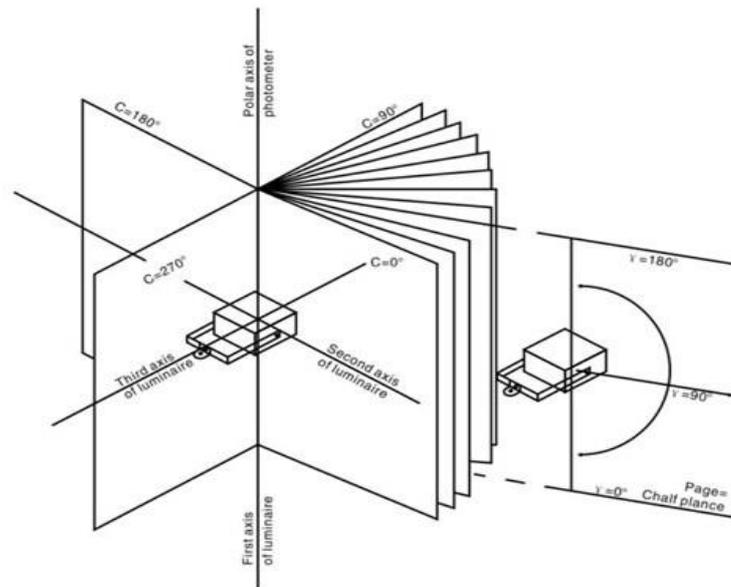


圖 3.2.4 本研究使用配光曲線儀量測(C- $\gamma$ 量測法)原理

資料來源：LM-79-2008

當設定完成後，確認燈具輸入電壓及消耗電流是否穩定，紀錄該讀值，作為該燈具(樣品)光特性之電氣特性基本值，然後按下開始實驗鍵，此時配光曲線儀會視安裝燈具狀態為歸零原點，亦即此時燈具 C 角為 0 度，所以本研究為使後續分析狀態能方便一致，所以設定壁掛型的燈具開關設定在右側為 0 度，長形日光燈者已長邊面對正前方為 0 度。

旋轉反光鏡會回到歸零位置，即正下方  $\gamma$  為零之位置，待所有設定都完成定位後，燈具上方轉軸即開始旋轉，每 5 度紀錄乙次讀值，然後再次轉動到下一個 5 度角，直到旋轉一個圓周後回到原位置角度，然後旋轉反光鏡開始逆時鐘旋轉 5 度，紀錄垂直角  $\gamma$  角為 5 度水平角 0~360 度的光強度讀值，然後再轉下一個角度，直到完成  $\gamma$  為 90 度的水平角一個圓周之光強度讀值量測。

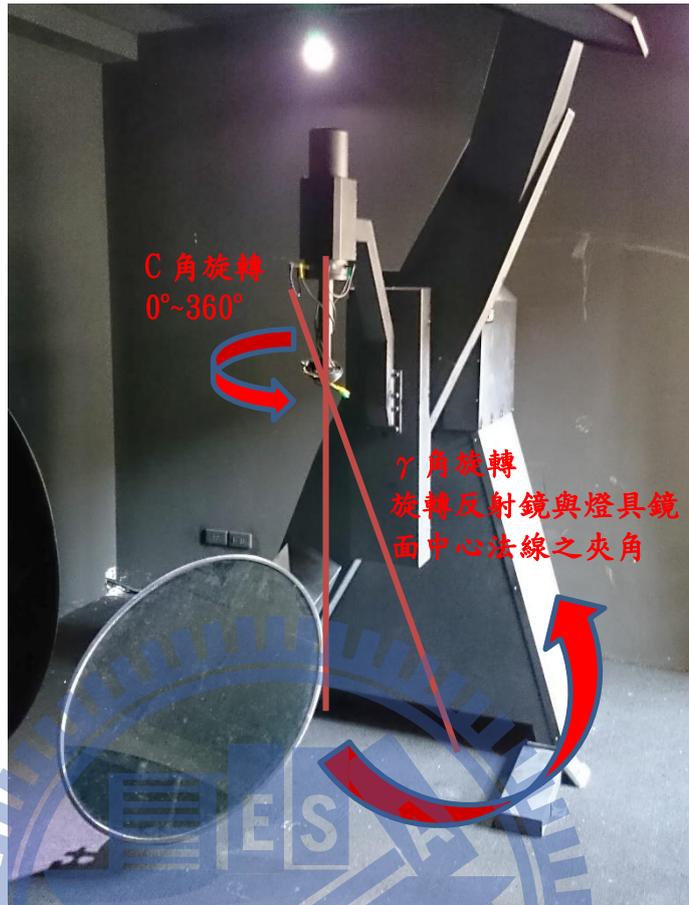


圖 3.2.5 本研究使用配光曲線儀動作說明  
資料來源：本研究者自行整理



圖 3.2.6 光度探測器(photometer)  
資料來源：本研究者自行整理

### 3.3 實驗結果及應用

#### 3.3.1 照度計算

空間內各點照度表示方式，如圖 3.3.1 所式，照度方向是以照度計受光部方向為準，有當照度計受光部在燈具照度方向法線時，稱為法線照度，當照度計受光部水平於地表面者，稱為水平面照度，反之，放在壁面之照度計，稱為垂直面照度，一般而言，論及緊急避難逃生用者都是以地表水平面照度值(以下簡稱為水平照度)為依據。

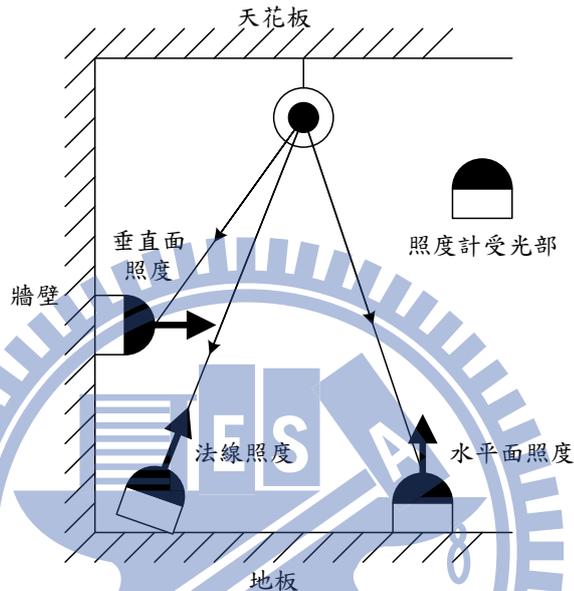


圖 3.3.1 空間內各種照度表示方式

#### 1. 嵌頂型燈具之水平照度計算(相關位置參考圖 3.3.2)

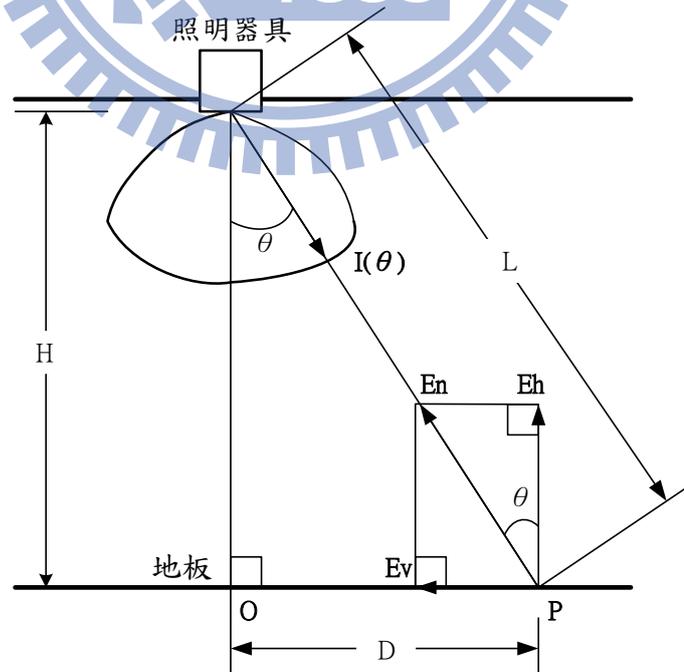


圖 3.3.2 嵌頂型燈具照度計算表示

資料來源：本研究自行整理

2 維空間之照度計算依據光學基本理論，光強度與照度距離平方成反比之關係，得地表面任一點 P 的法線照度  $E_n$

$$E_n = I(\theta)/L^2 \quad (10)$$

因為， $L = H/\cos\theta$  (11)

得  $E_n = I(\theta) \cdot \cos^2\theta/H^2$  (12)

又， $E_h = E_n \cdot \cos\theta$  (13)

最終得水平照度  $E_h = I(\theta) \cdot \cos^3\theta/H^2$  (14)

也可以得  $E_v = I(\theta) \cdot (\cos^2\theta) \cdot \sin\theta/H^2$  (15)

## 2. 壁掛型燈具之水平照度計算(相關位置參考圖 3.3.3)

2 維空間之照度計算依據光學基本理論，光強度與照度距離平方成反比之關係，得地表面任一點 P 的法線照度  $E_n$

$$E_n = I(\theta)/L^2 \quad (16)$$

因為， $L = H/\sin\theta$  (17)

得  $E_n = I(\theta) \cdot \sin^2\theta/H^2$  (18)

又， $E_h = E_n \cdot \sin\theta$  (19)

最終得水平照度  $E_h = I(\theta) \cdot \sin^3\theta/H^2$  (20)

也可以得  $E_v = I(\theta) \cdot (\sin^2\theta) \cdot \cos\theta/H^2$  (21)

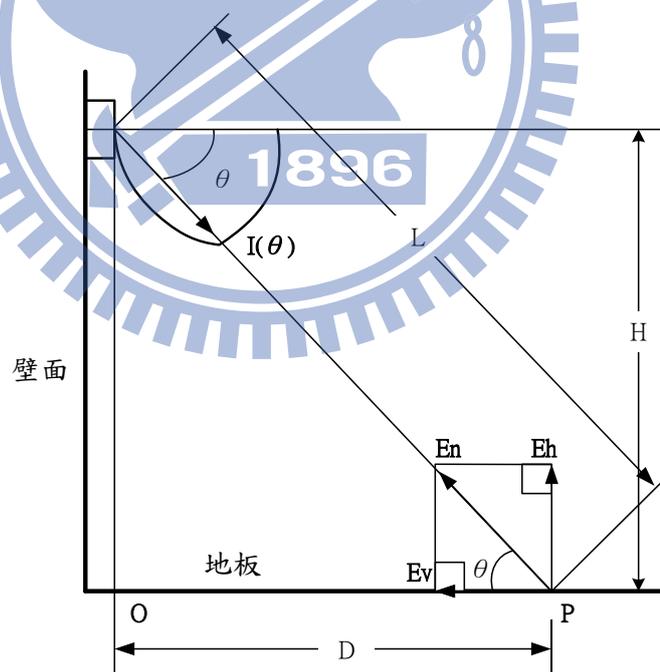


圖 3.3.3 壁掛型燈具照度計算表示

資料來源：本研究自行整理

### 3.3.2 排除因子

因本研究僅針對燈具光特性進行實驗，並無針對燈管壽命、使用環境狀況、蓄電池維護保養狀況及周圍反射環境狀況進行考慮，所以排除以下可能造成地表面水平照度之因子：

1. 燈具長時間照明之壽命損失。
2. 溫度及濕度變化造成之影響(包含照度性能及使用壽命)
3. 環境灰塵、電壓浮動不穩定造成燈具之影響。
4. 蓄電池容量及電壓值在放電中不確定因素。
5. 燈具及其配件(包含蓄電池或其裝置)之維護保養。
6. 燈具周圍壁面、地板面、家具裝潢等物品之反射率及遮蔽程度對照度之影響。

### 3.3.3 實驗結果的應用

配光曲線實驗之結果，可有以下用途及應用：

1. 燈具光強度形狀確認。
2. 燈具總光通量之估算。
3. 供地表水平照度計算之必要條件。
4. 可供照明設計模擬軟體(如 DIALux)應用。



## 四、實驗結果與分析比對

### 4.1 配光曲線實驗結果

#### 4.1.1 各組樣品試驗結果

##### 1. 樣品 1

嵌頂型 PL13W，依電池標稱電壓值(DC6V)供給。

其燈具配光曲線圖如下(配光曲線數據請參閱附錄一)

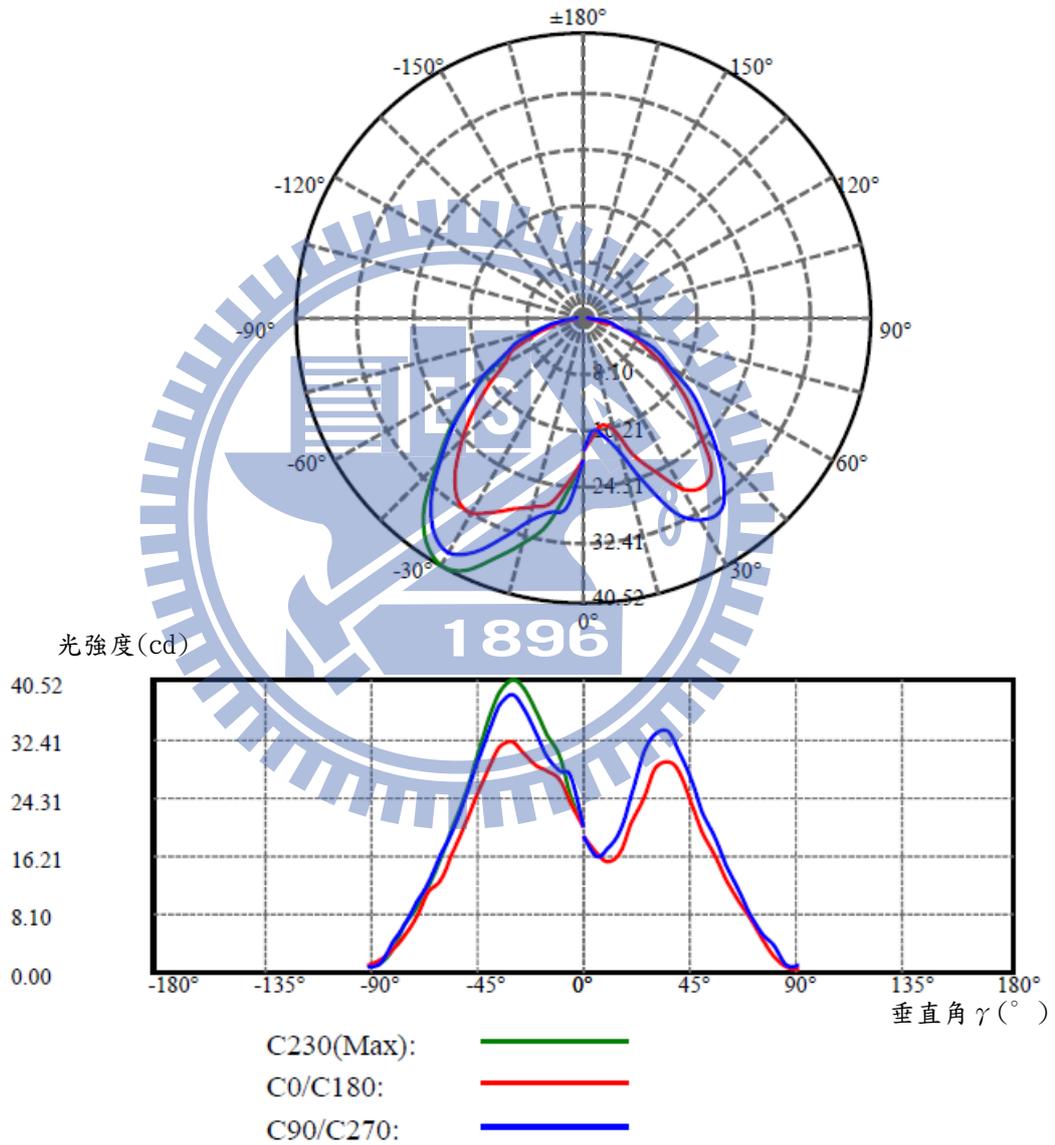


圖 4.1.1 嵌頂型 PL13W 燈具配光曲線圖

資料來源：本研究實驗結果

## 2. 樣品 2

壁掛型 PL13W，依電池標稱電壓值(DC6V)供給。

其燈具配光曲線圖如下(配光曲線數據請參閱附錄三)

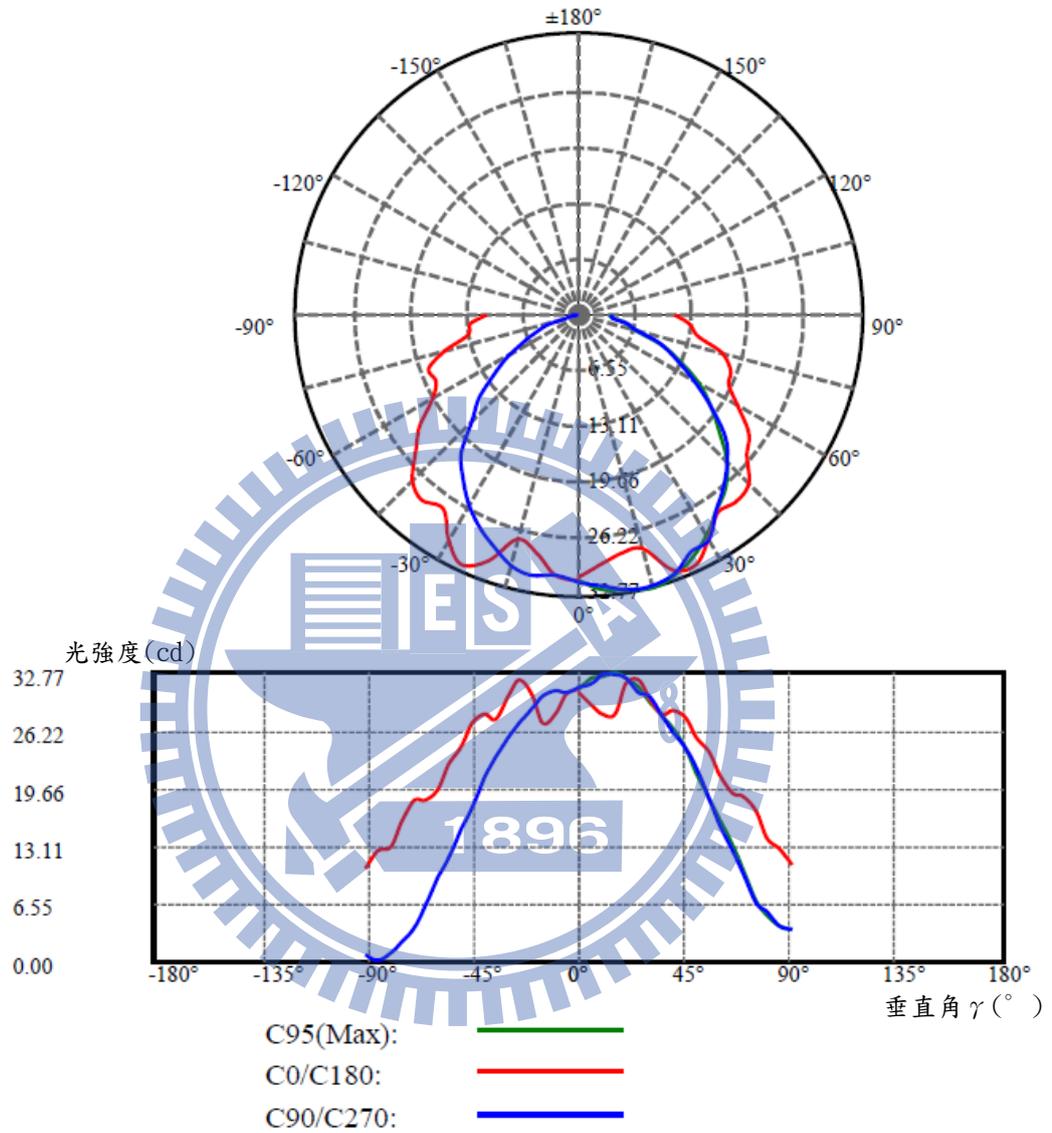


圖 4.1.2 壁掛型 PL13W 燈具配光曲線圖

資料來源：本研究實驗結果

### 3. 樣品 3

嵌頂型 LED 燈(7.56W)，依電池標稱電壓值(DC3.6V)供給。  
其燈具配光曲線圖如下(配光曲線數據請參閱附錄四)

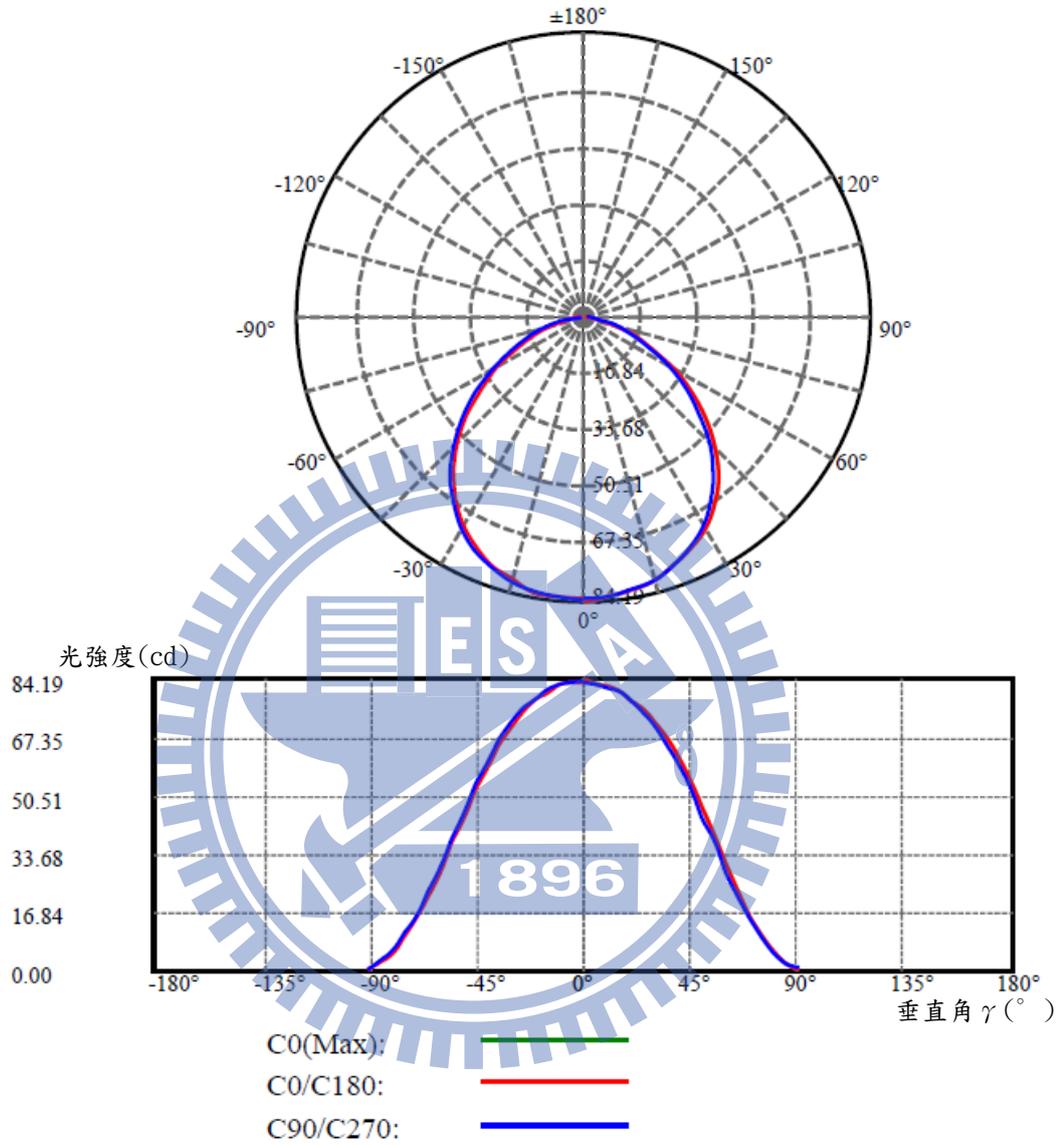


圖 4.1.3 嵌頂型 LED108(7.56W)燈具配光曲線圖

資料來源：本研究實驗結果

#### 4. 樣品 4

壁掛型 LED 燈(7.56W)，依電池標稱電壓值(DC3.6V)供給。  
其燈具配光曲線圖如下(配光曲線數據請參閱附錄六)

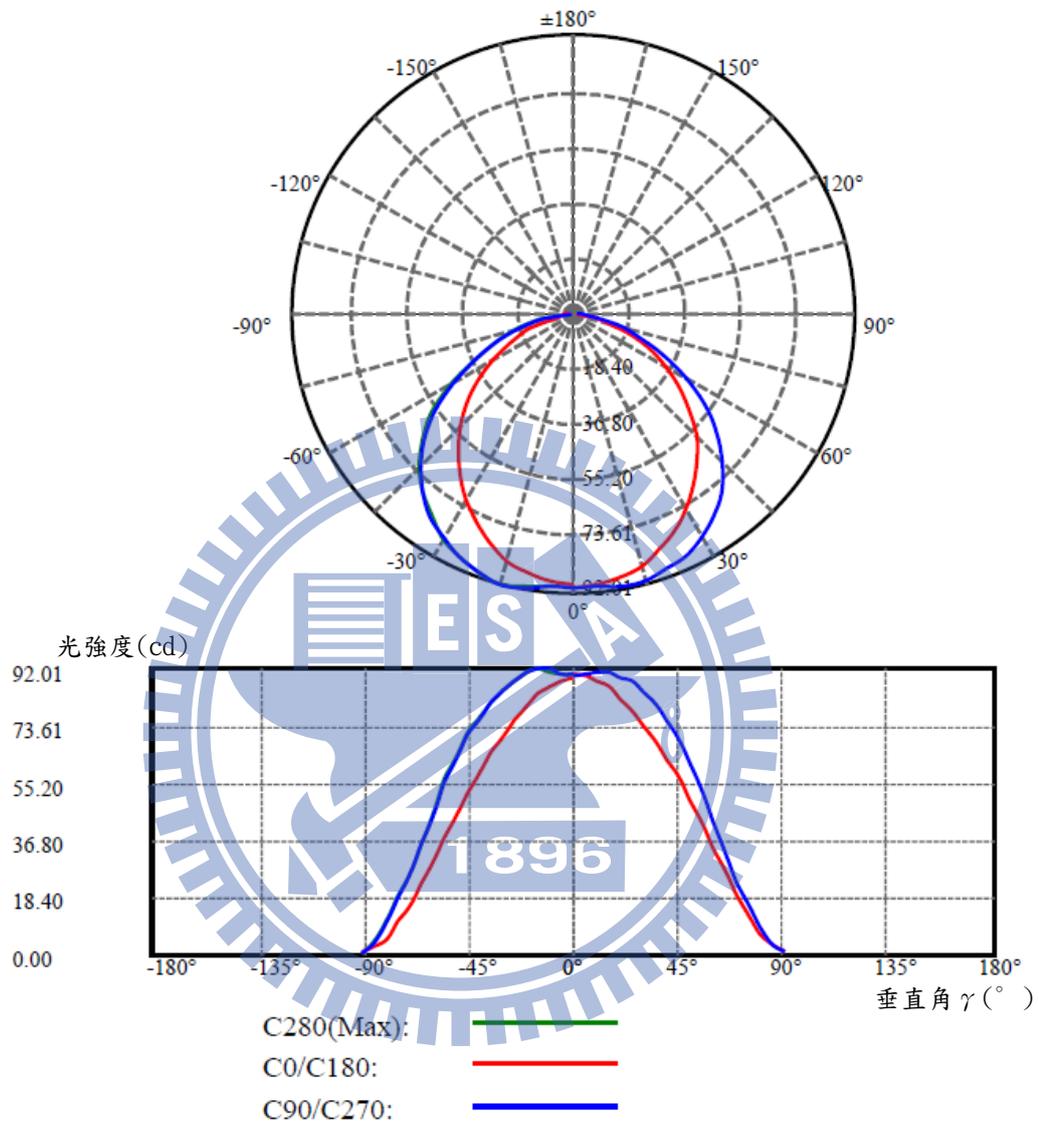


圖 4.1.4 壁掛型 LED(7.56W)燈具配光曲線圖

資料來源：本研究實驗結果

5. 樣品 5

嵌頂型 LED 燈(1.68W)，依電池標稱電壓值(DC3.6V)供給。  
其燈具配光曲線圖如下(配光曲線數據請參閱附錄七)

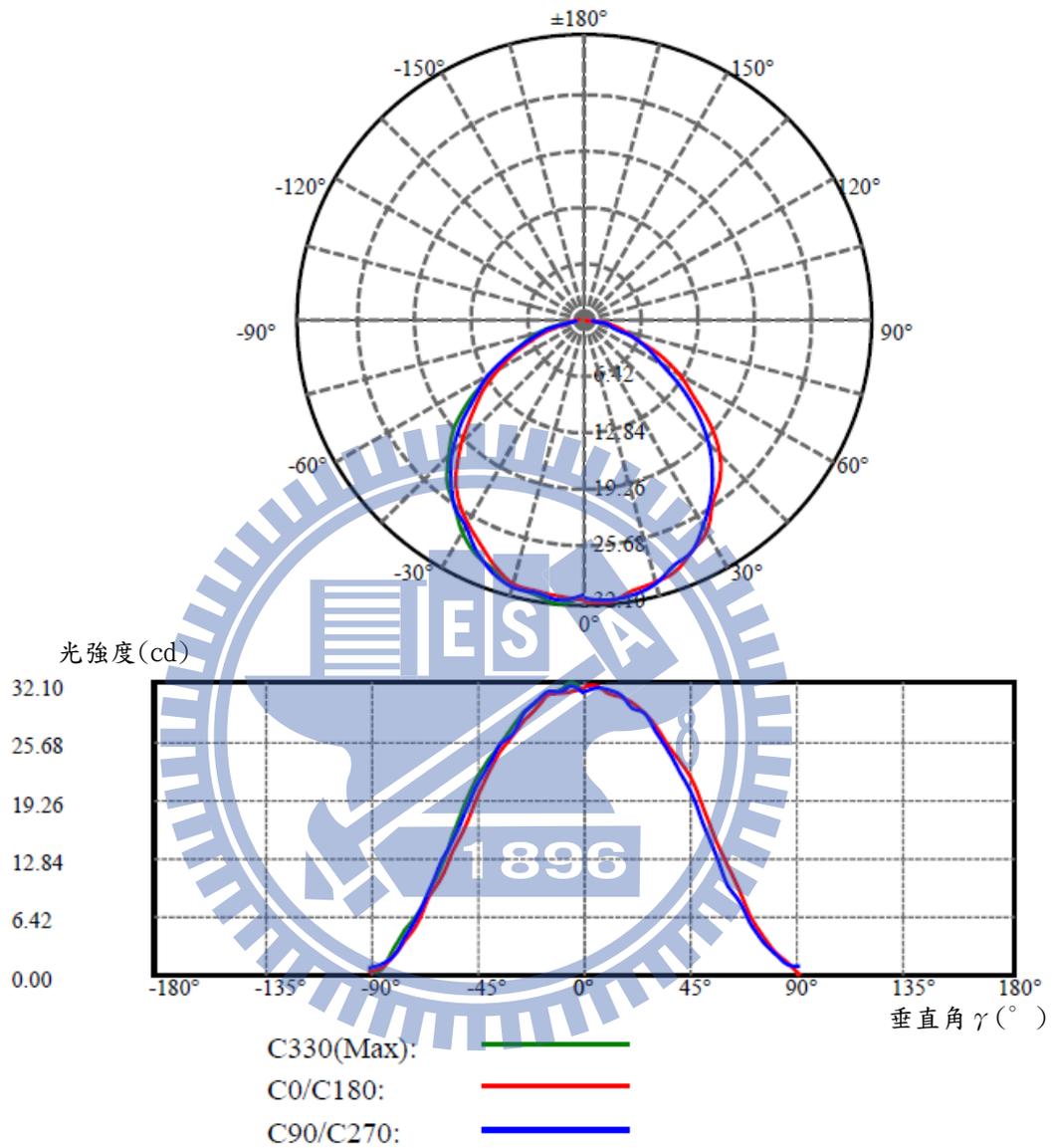


圖 4.1.5 嵌頂型 LED24(1.68W)燈具配光曲線圖

資料來源：本研究實驗結果

6. 樣品 6

壁掛型 LED 燈(1.26W)，依電池標稱電壓值(DC3.6V)供給。  
其燈具配光曲線圖如下(配光曲線數據請參閱附錄八)

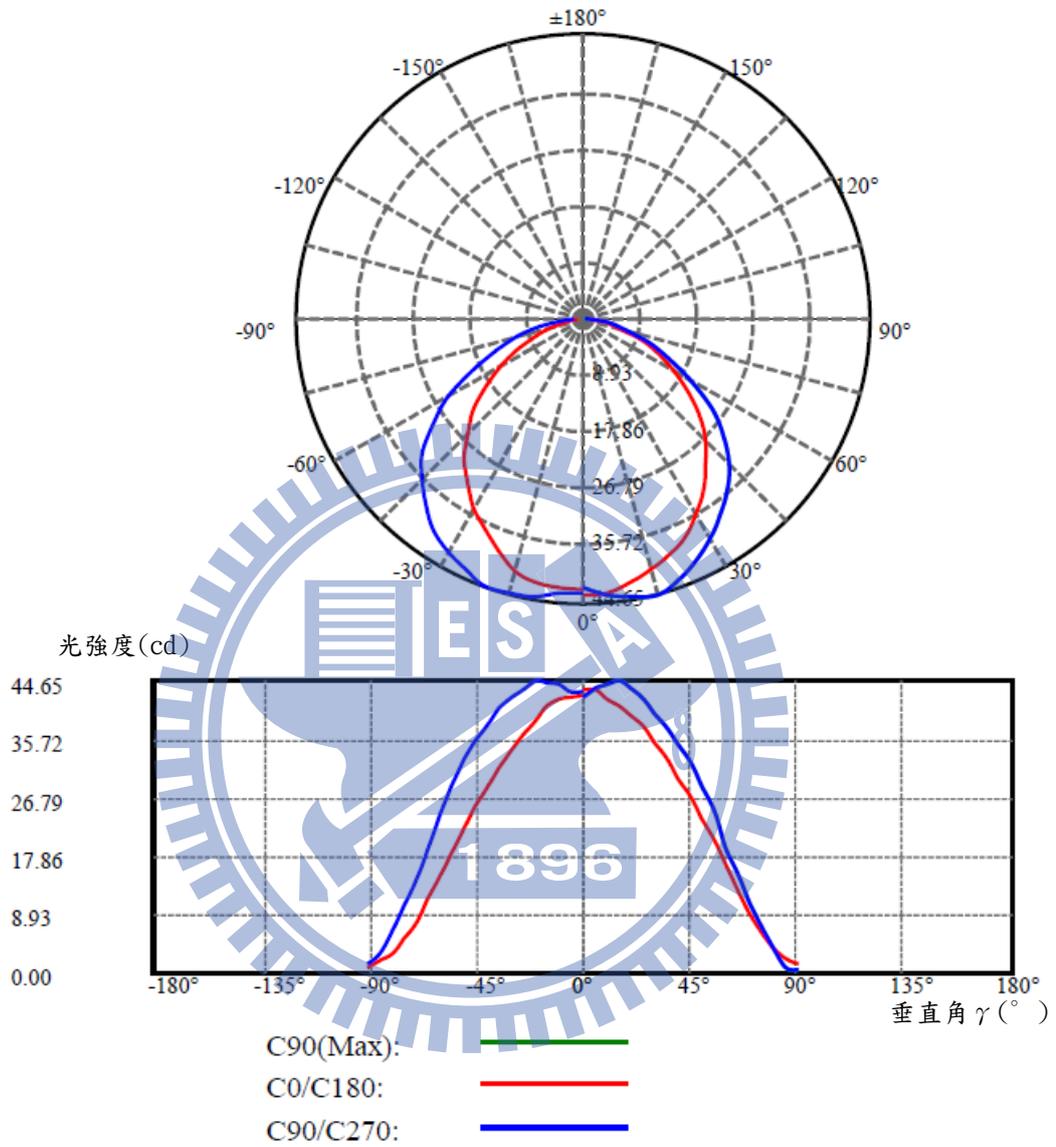


圖 4.1.6 壁掛型 LED18(1.26W)燈具配光曲線圖  
資料來源：本研究實驗結果

7. 樣品 7-1

吸頂型燈具，使用 T5(14W)840 燈管(標稱色溫 4000K)，依電池標稱電壓值(DC6.0V)供給。

其燈具配光曲線圖如下(配光曲線數據請參閱附錄九)

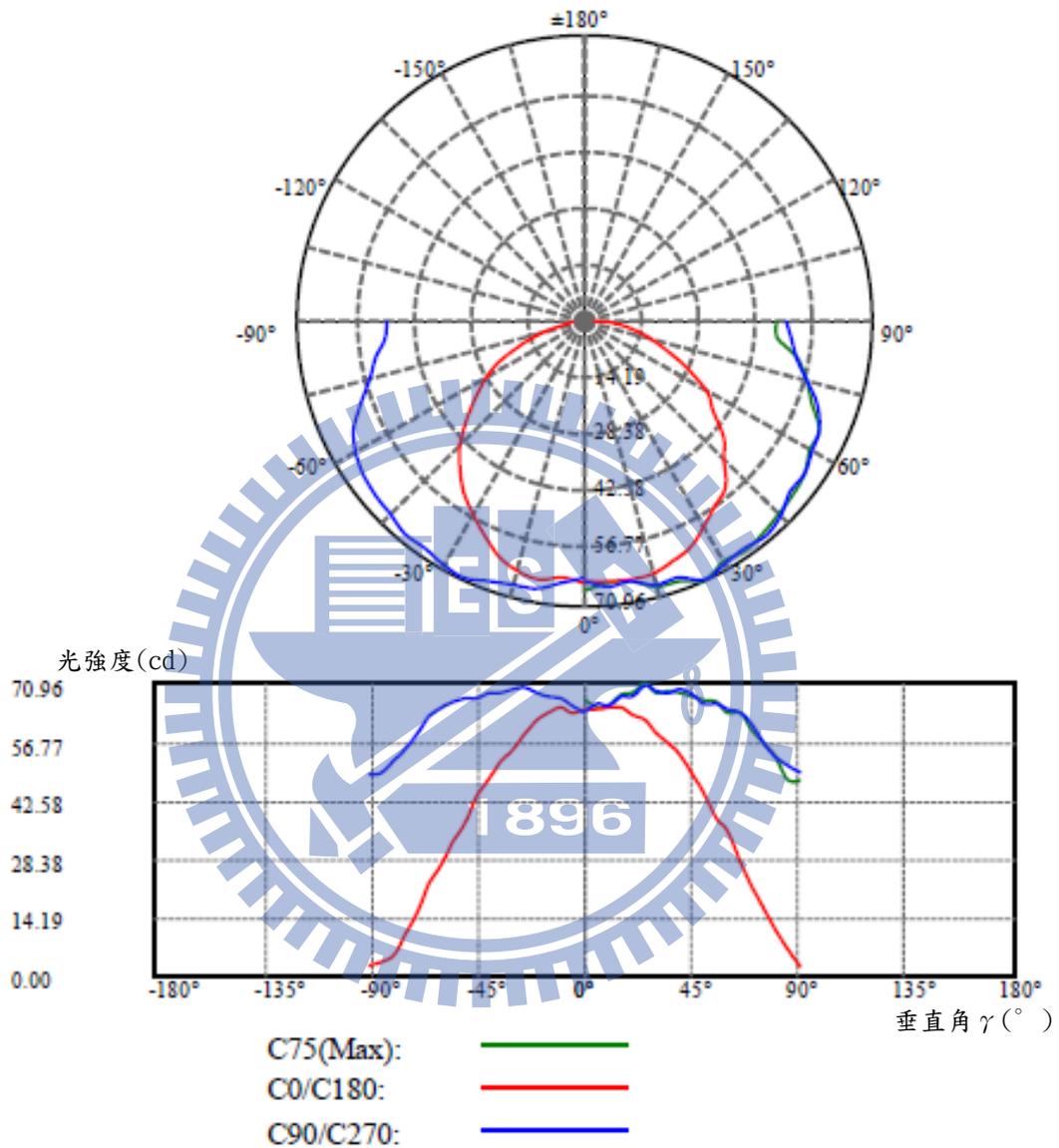


圖 4.1.7 吸頂型 T5-840 燈管(14W)燈具配光曲線圖

資料來源：本研究實驗結果

### 8. 樣品 7-2

吸頂型燈具，使用 T5(14W)865 燈管(標稱色溫 6500K)，依電池標稱電壓值(DC6.0V)供給。

其燈具配光曲線圖如下(配光曲線數據請參閱附錄十)

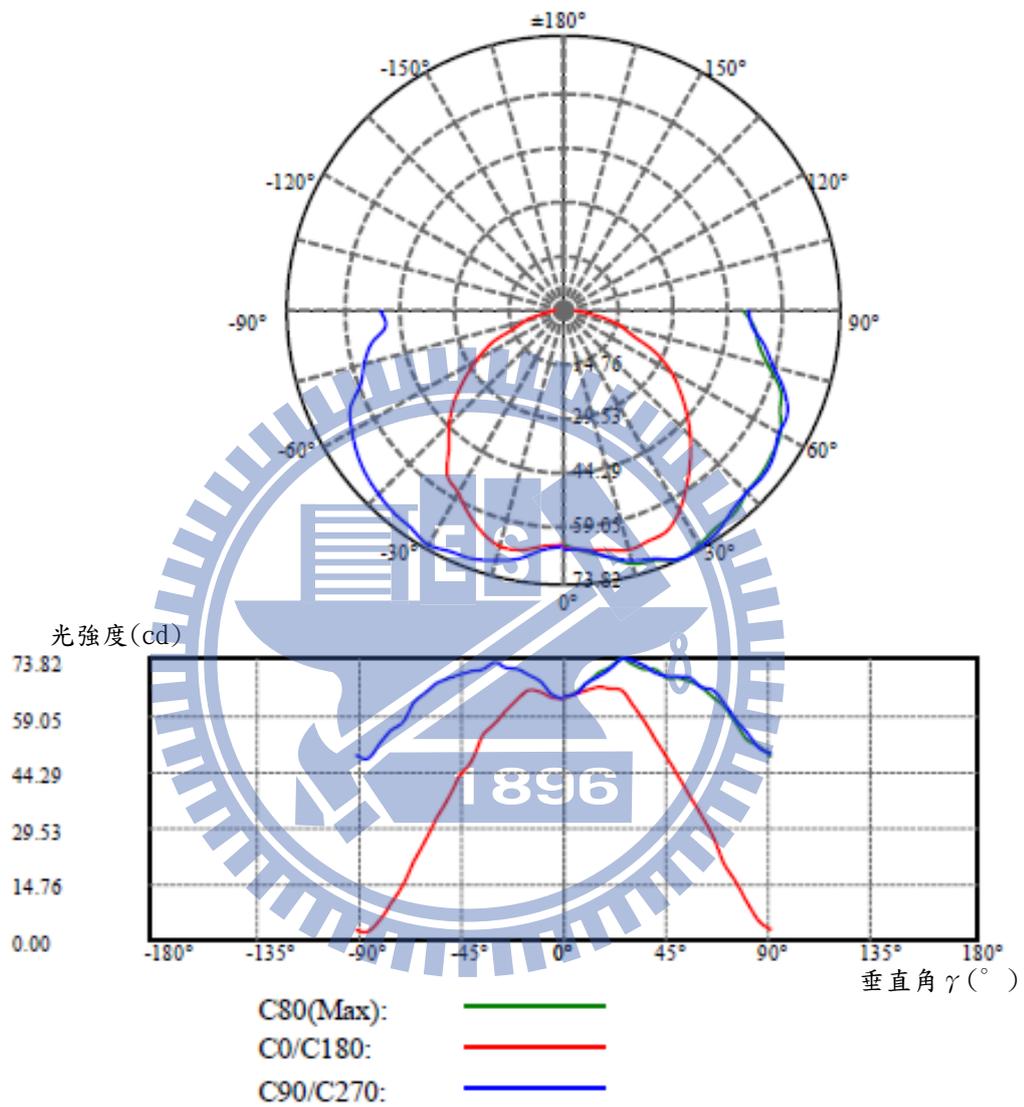


圖 4.1.8 吸頂型 T5-865 燈管(14W)燈具配光曲線圖  
資料來源：本研究實驗結果

### 9. 樣品 1-2

嵌頂型 PL13W，依 90%電池標稱電壓值(DC5.4V)進行放電。  
其燈具配光曲線圖如下(配光曲線數據請參閱附錄二)

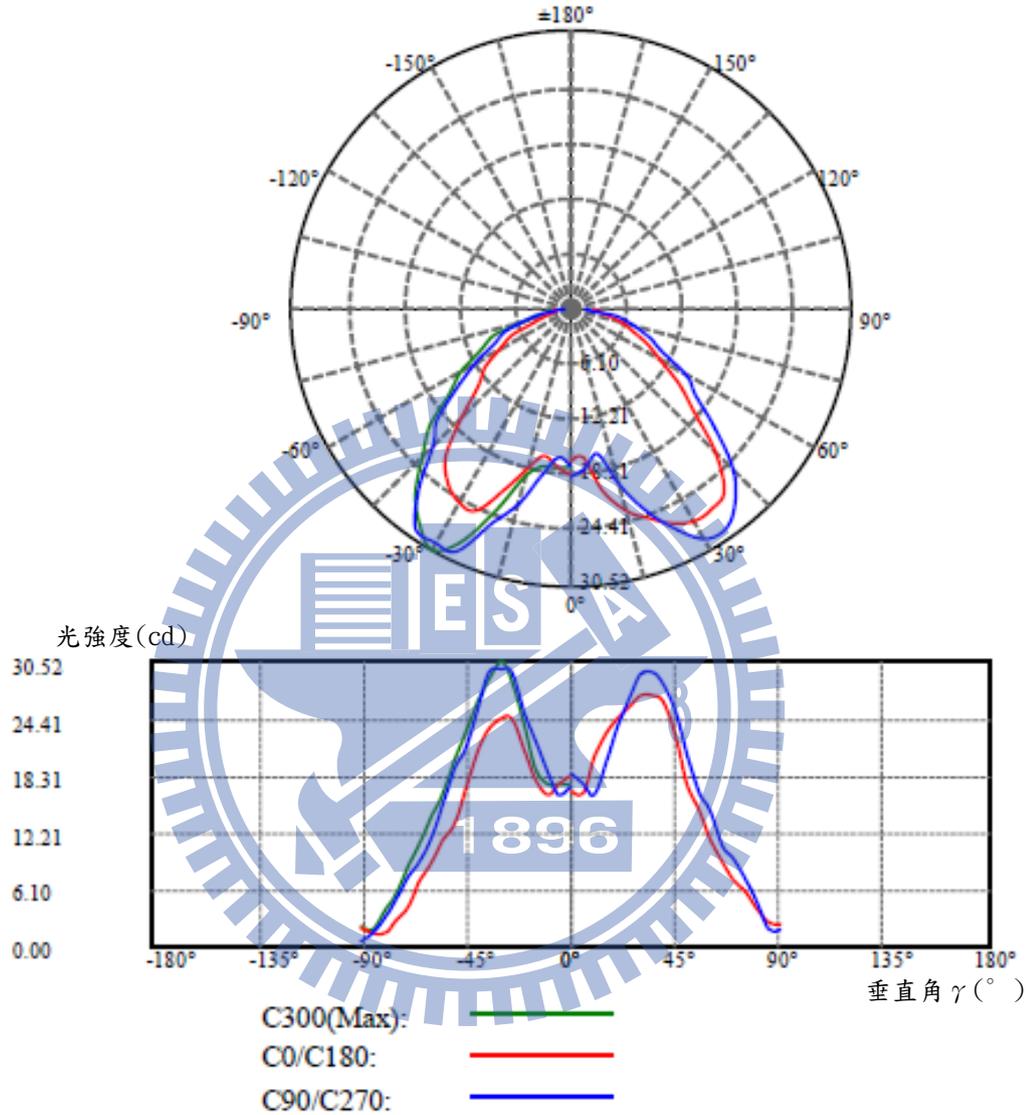


圖 4.1.9 嵌頂型 PL13W(90%標稱電壓值)燈具配光曲線圖

資料來源：本研究實驗結果

10. 樣品 3-2

嵌頂型 LED 燈(7.56W)，依 90%電池標稱電壓值(DC3.24V)進行放電。  
其燈具配光曲線圖如下(配光曲線數據請參閱附錄五)

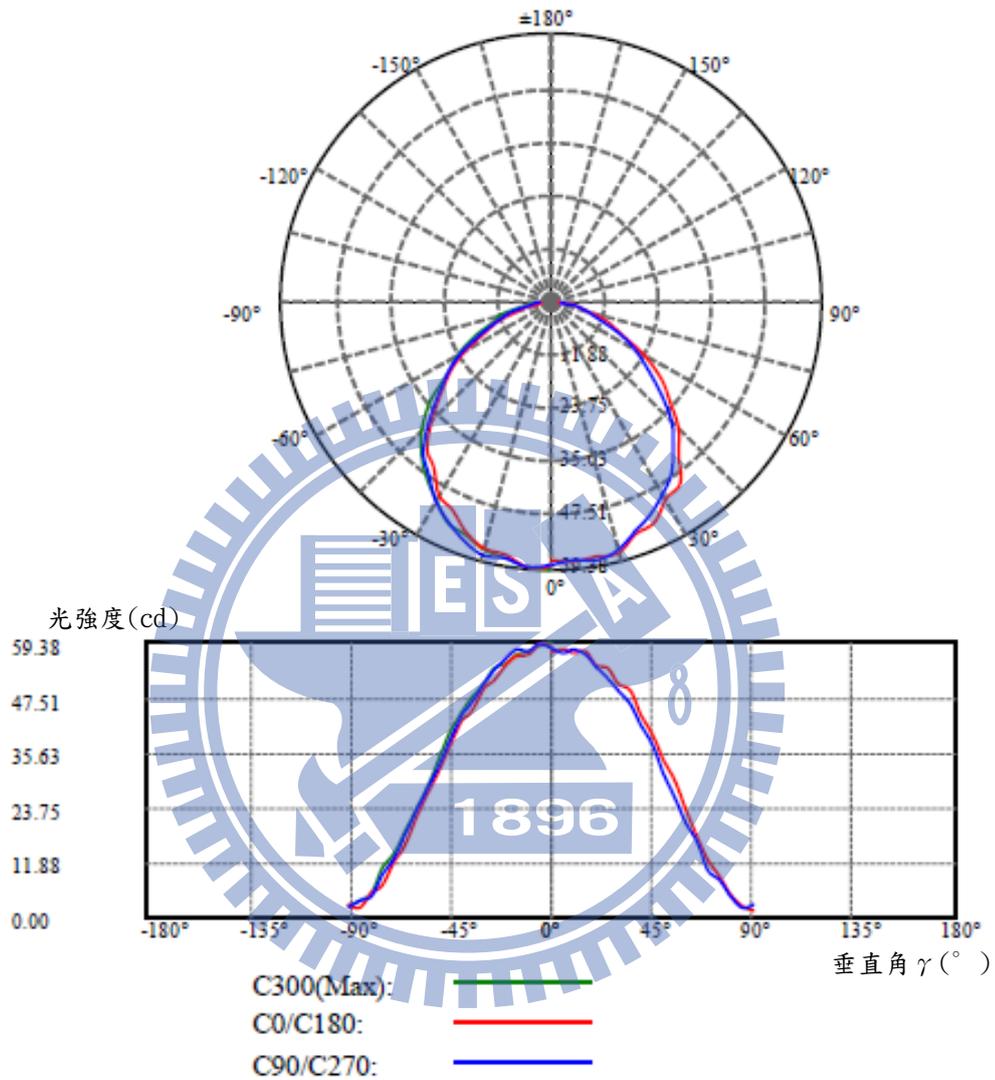


圖 4.1.10 嵌頂型 LED 燈(90%標稱電壓值)燈具配光曲線圖

資料來源：本研究實驗結果

#### 4.1.2 實驗結果彙整與分析

表 15 配光曲線實驗結果彙整表

編號	安裝方式	規格值				實測值		
		光源規格	標稱功率	電池電壓	光源總光通量	實驗電壓	消耗功率	燈具總光通量
樣品 1	嵌頂	PL 燈	13W	6.0V	840~860lm	6.0V	4.54 W	100.9 lm
樣品 1-2	嵌頂	PL 燈	13W	6.0V		5.4V	3.78 W	84.9 lm
樣品 2	壁掛	PL 燈	13W	6.0V		6.0V	4.83 W	110.3 lm
樣品 3	嵌頂	LED	7.56W (108 顆)	3.6V	—	3.6V	2.76 W	216.6 lm
樣品 3-2	嵌頂	LED	7.56W (108 顆)	3.6V	—	3.24V	1.61 W	157.3 lm
樣品 4	壁掛	LED	7.56W (108 顆)	3.6V	—	3.6V	3.09 W	265.5 lm
樣品 5	嵌頂	LED	1.68W (24 顆)	3.6V	—	3.6V	1.03 W	82.8 lm
樣品 6	壁掛	LED	1.26W (18 顆)	3.6V	—	3.6V	1.66 W	129.3 lm
樣品 7-1	吸頂	T5 (840)	14W	6.0V	1150~1350lm	6.0V	6.96 W	308.6 lm
樣品 7-2	吸頂	T5 (865)	14W	6.0V		6.0V	6.97 W	309.5 lm

資料來源：本研究自行彙整

由本研究配光曲線實驗的量測結果，可以得到各組燈具的配光曲線圖，了解各燈具的在空間角度上的光強度分布，由圖 4.1.1~4.1.10 各燈具分布曲線圖，發現嵌頂型 PL 燈光強度分布圖(圖 4.1.1)具有雙山峰形表現，歸納原因為在該燈具內具有聚光包覆表面裝飾及直接投光，故中心點光強度不若周圍聚光表面集中之光强度高，且因包覆狀結構，故投光角度在 45° 後有明顯收斂表現，如在該燈具照明前緣安裝二次導光飾板，應能改善光強度不均勻狀況。

壁掛型 PL 燈光強度分布圖(圖 4.1.2)表現狀況比嵌頂型 PL 燈光強度表現較均勻，原因在於燈具前緣具導光二次飾板，將燈管光強分散，但在 C0/C180 具有不均勻波動狀，原因在於導光飾板具有凹凸波浪裝飾，導致光強度在不同角度有顯著波動。

LED 的光強度分布表現，由圖 4.1.3、圖 4.1.5 等，表現極為均勻，且因表面具有二次導光飾板，光強度表現相當流線且均勻，有別於一般 LED 燈指向性明顯的特性，另外研究發現，嵌頂型燈具在燈具 C0/C180 與 C90/C270 的方向上，光強度表現與數據均相似，如圖 4.1.1、圖 4.1.3、圖 4.1.5 等，但壁掛型燈具則有顯著不同，因在於壁掛型

燈具屬於不對稱燈具，所以在光強度表現上，長軸與短軸的表現就有差異，這可以說明樣品 7 T5 燈管的光強度分布圖(圖 4.1.7)，因為日光燈管的形狀特性，在兩軸方向上的光強度分布圖差異更大。

由圖 4.1.7~4.1.8 發現燈管色溫不同，對於相同構造的燈具光強度分布表現沒有差異。另外輸入電壓不同，在相同構造的燈具光強度分布表現在光強度表現圖形沒有顯著差異，但光強度隨電壓下降而降低。

樣品 1~樣品 7 都是符合認可基準，取得型式認可及個別認可的產品，但由表 15 配光曲線實驗結果彙整表發現，在輸入標稱電壓下的量測各放電燈具的消耗功率及燈具總光通量，可以發現實際消耗功率比起燈管標稱供率有顯著落差，甚至不足 1/2 以上，很明顯廠商為了節省電池耗電量以及延長放電時間，而限縮燈具的消耗功率，但表現在總光通量的表現，則只剩下(100~200)lm 左右，比起原燈管標稱光通量剩下(10~20)%，可想而知，現場緊急照明設計如以標稱光通量進行設計，則會錯估實際光通量與標稱光通量有極大的落差而造成錯估緊急照明燈的數量級配置，導致現場緊急照明燈有設置卻完全不能發揮緊急照明功能的現況。

#### 4.2 地表面水平照度計算

由 3.3.1 節，使用公式(14)與公式(20)水平照度計算公式，將可以讓各燈具在額定電壓下之配光曲線實驗結果，計算在任意空間位置之地表水平照度值，由於本研究實驗結果為每 5 度之數據，後續依等分內插為 1 度之值，再換算成地面距離、高度及相對應位置之照度值，作成地表水平照度值與距離之關係圖。

壁掛型燈具，因實際安裝位置為壁面，其安裝位置多在天花板以下，所以本研究設定壁掛型安裝高度以 2.5 公尺、3.0 公尺、3.5 公尺為計算高度，以每 0.5 公尺為一間距，到照度已不足法定規定值之高度停止；嵌頂型或吸頂型燈具實務上為安裝在天花板下緣或天花板內緣，所以本研究設定嵌頂型或吸頂型燈具安裝高度以 2.8 公尺、3.0 公尺至 6 公尺，以每公尺為一間距。

## 1. 樣品 1

嵌頂型 PL 13W，依電池標稱電壓值(DC6V)進行配光曲線實驗，依其實驗量測結果，計算在燈具安裝高度與距離燈具遠近之水平照度值。彙整如下表

表 16 嵌頂型 PL13W 地表水平照度計算一覽表

距離 高度	0m (正下方)	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
2.8m	2.4 lx	2.1 lx	2.5 lx	2.8 lx	2.3 lx	1.5 lx
3.0m	2.1 lx	1.8 lx	2.1 lx	2.5 lx	2.1 lx	1.5 lx
3.5m	1.5 lx	1.5 lx	1.5 lx	1.8 lx	1.8 lx	1.5 lx

資料來源：本研究自行彙整

其地表面照度範圍如下圖 4.2.1。

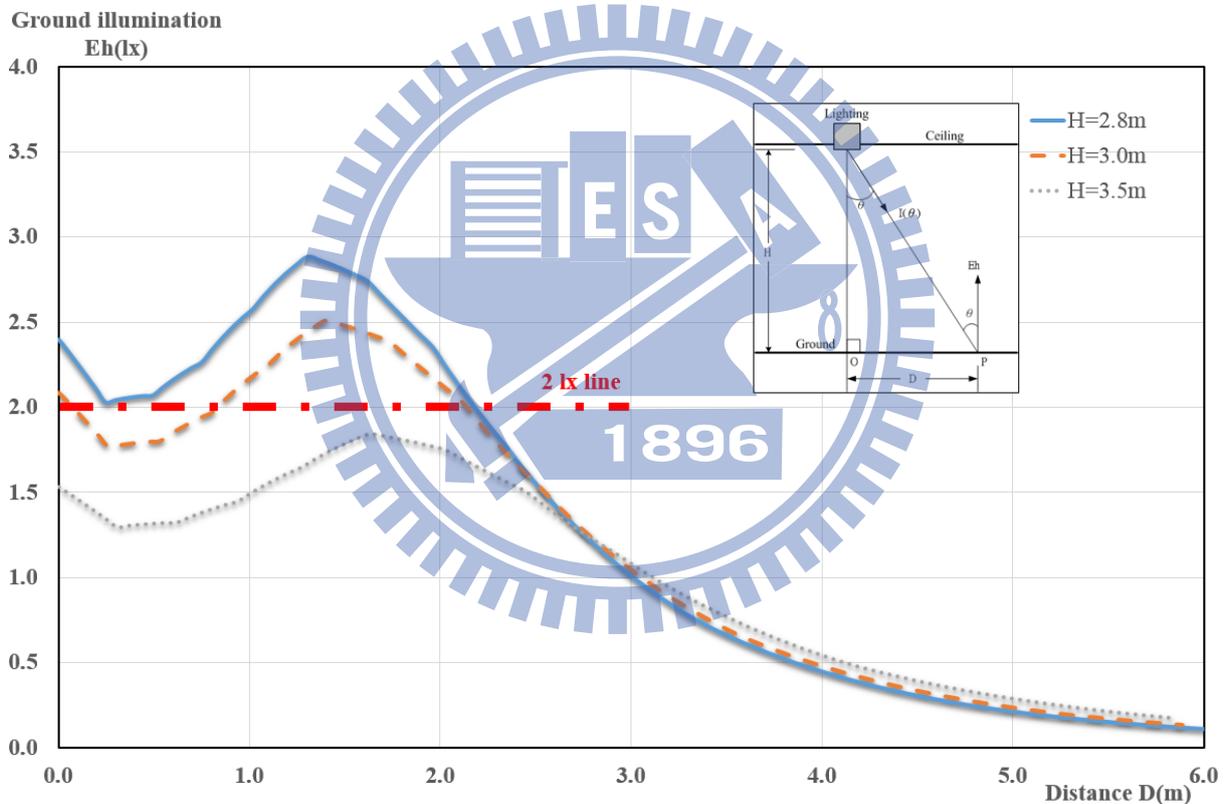


圖 4.2.1 嵌頂 PL13W 地表水平照度值與距離之關係

資料來源：本研究實驗結果

由上圖可以發現，樣品 1(嵌頂型 PL 燈)在安裝高度 2.8 公尺時，在距離燈具中心 2 公尺範圍內有達法定照度值(2lx)以上，安裝高度增加至 3 公尺或距離燈具更遠則將不足法定照度值。另外，由於樣品 1 是未有安裝飾板之裸燈，燈罩周圍則有反光鏡面裝飾，故在距燈具中心照度值較兩邊低，如能在燈具前端安裝二次照明飾板，應能平均分散照明能量，減少中間照度不足之現象。

## 2. 樣品 1-2

嵌頂型 PL 13W，依 90%電池標稱電壓值(DC5.4V)進行配光曲線實驗，依其實驗量測結果，計算在燈具安裝高度與距離燈具遠近之水平照度值。彙整如下表

表 17 嵌頂型 PL13W(90%標稱電壓值)地表水平照度計算一覽表

距離 高度	0m (正下方)	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
2.8m	2.1 lx	2.5 lx	2.6 lx	2.3 lx	1.9 lx	1.3 lx
3.0m	1.9 lx	2.2 lx	2.3 lx	2.1 lx	1.7 lx	1.3 lx
3.5m	1.4 lx	1.5 lx	1.7 lx	1.6 lx	1.4 lx	1.2 lx

資料來源：本研究自行彙整

其地表面照度範圍如下圖 4.2.2。

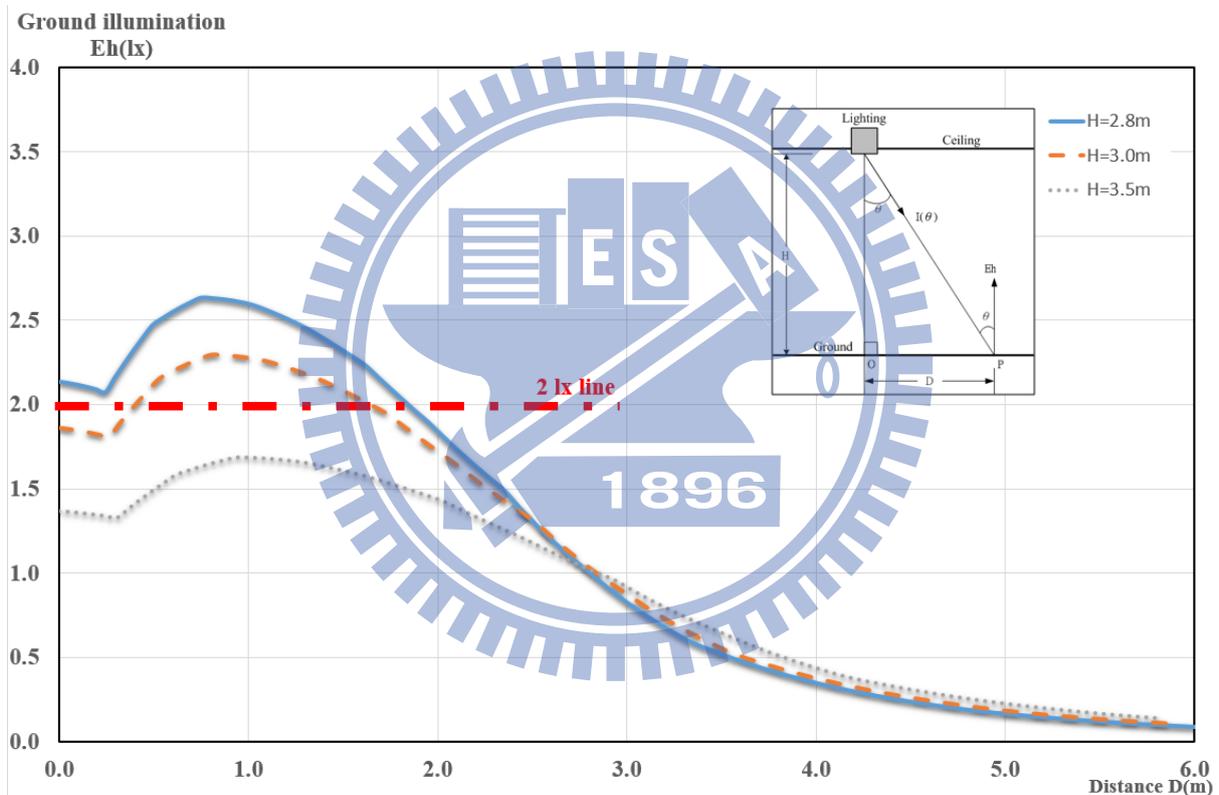


圖 4.2.2 嵌頂 PL13W(90%標稱電壓值)地表水平照度值與距離之關係

資料來源：本研究實驗結果

樣品 1-2 為樣品 1 的 90%放電電壓狀態實驗，結果發現在對地面水平照度提供的光特性表現相似，可見光特性對於嵌頂型燈具構造及安裝方式相同的燈具是有相似表現，唯一差異在於能量(電力)的提供，雖然不明顯，再仍可發現在 90%放電電壓下，法定照度的範圍縮小些，安裝高度在 2.8 公尺的法定照度值已不足 2 公尺。

### 3. 樣品 2

壁掛型 PL 13W，依電池標稱電壓值(DC6.0V) 進行配光曲線實驗，依其實驗量測結果，計算在燈具安裝高度與距離燈具遠近之水平照度值。

彙整如下表

表 18 壁掛型 PL13W 地表水平照度計算一覽表

距離 高度	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
2.5m	2.1 lx	2.4 lx	2.0 lx	1.8 lx	1.5 lx	1.2 lx
3.0m	1.4 lx	1.7 lx	1.5 lx	1.4 lx	1.2 lx	1.1 lx

資料來源：本研究自行彙整

其地表面照度範圍如下圖 4.2.3。

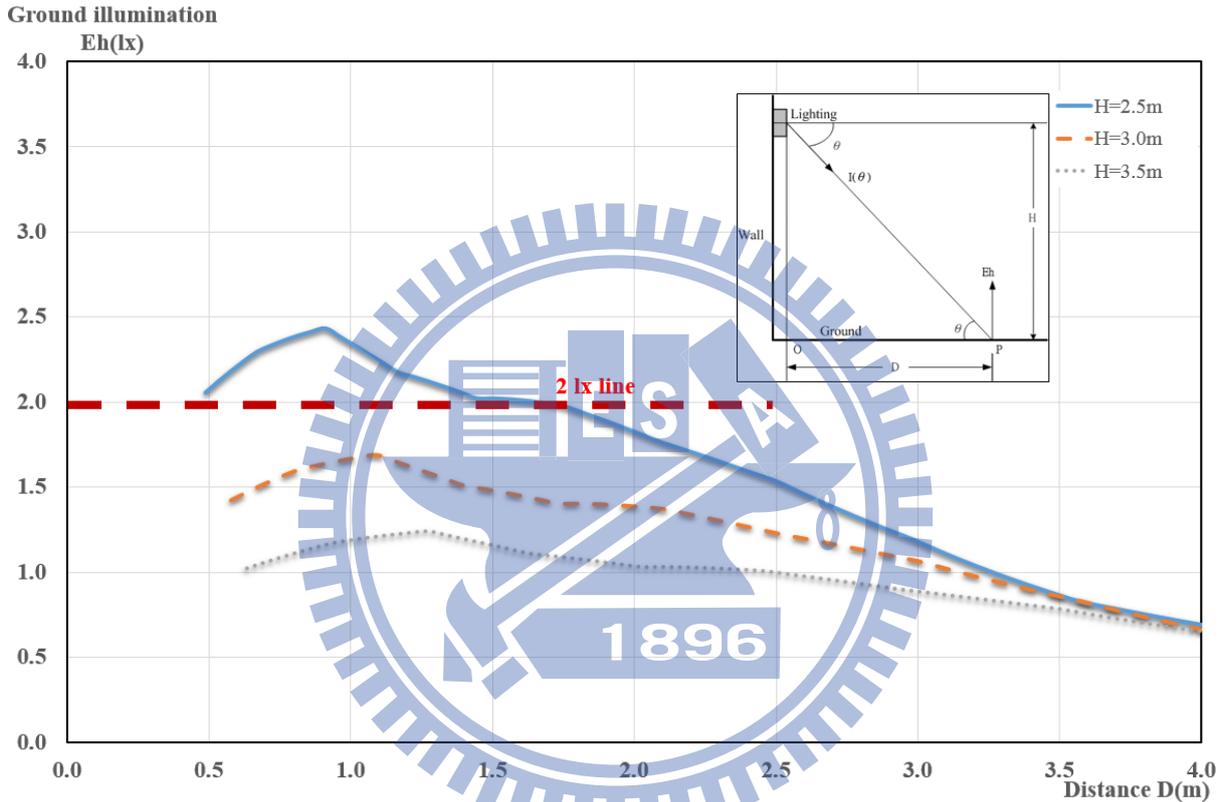


圖 4.2.3 壁掛 PL13W 地表水平照度值與距離之關係

資料來源：本研究實驗結果

由上圖可以發現，樣品 2(壁掛型 PL 燈)在安裝高度 2.5 公尺時，在距離燈具中心正前方之地板 1.5 公尺範圍內有達法定照度值(2lx)以上，安裝高度增加至 3 公尺或距離燈具更遠則將不足法定照度值。另外，上述計算為燈具正前方之地板面水平照度值，由計算原理可以得知燈具左右兩旁之水平照度會小於正前方之水平照度，其所提供之可用照度範圍將更小，由樣品 1 及樣品 2 比較，在相同光通量下，安裝方式不同，對地面水平照度提供也有所差異，可以得到以下結論，壁掛型燈具在提供地板水平照度是沒有效率且可能是無用之設計。

#### 4. 樣品 3

嵌頂型 LED 7.56W(108 顆)，依電池標稱電壓值(DC3.6V) 進行配光曲線實驗，依其實驗量測結果，計算在燈具安裝高度與距離燈具遠近之

水平照度值。彙整如下表

表 19 嵌頂型 LED 7.56W 地表水平照度計算一覽表

距離 高度	0m (正下方)	1.0m	1.5m	2.0m	3.0m	4.0m
2.8m	10.6 lx	8.5 lx	6.4 lx	4.6 lx	2.0 lx	0.9 lx
3.0m	9.3 lx	7.6 lx	6.0 lx	4.2 lx	2.1 lx	1.0 lx
4.0m	5.2 lx	4.6 lx	4.1 lx	3.4 lx	2.0 lx	1.2 lx
6.0m	2.3 lx	2.2 lx	2.1 lx	1.8 lx	1.4 lx	1.1 lx

資料來源：本研究自行彙整

其地表面照度範圍如下圖 4.2.4。

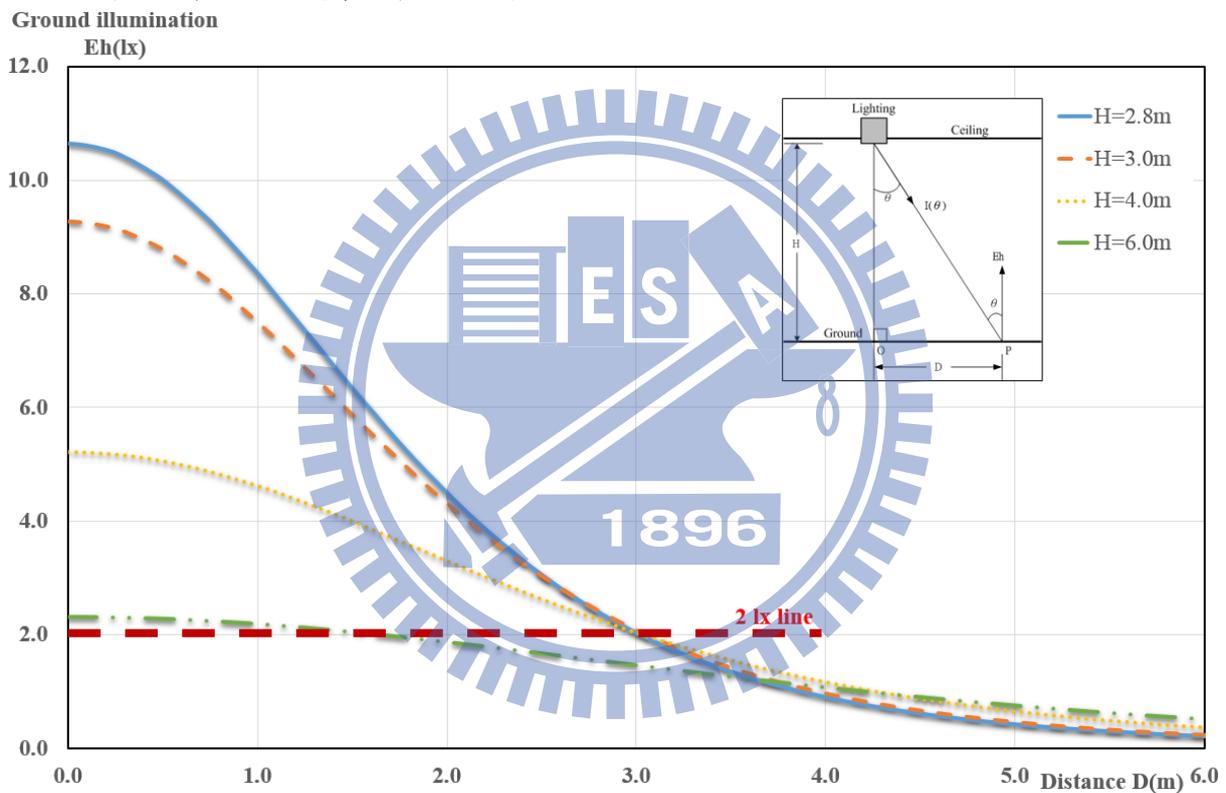


圖 4.2.4 嵌頂 LED 7.56W 地表水平照度值與距離之關係

資料來源：本研究實驗結果

由上圖可以發現，樣品 3(嵌頂型 LED 燈)安裝高度在 2.8 公尺到 5 公尺，距離燈具中心 3 公尺範圍內有達法定照度值(2lx)以上，甚至在安裝高度 6 公尺都能提 1.5 公尺防護半徑，由表 15 及圖 4.2.1 及圖 4.2.3 比較樣品 1 及樣品 3，在耗電量部分，PL 燈比起 LED 燈消耗功率更大，但光通量卻不足 LED 燈(樣品 3)1/2，表現在對地表水平照度的貢獻上，更有顯著的差異。

#### 5. 樣品 3-2

嵌頂型 LED 7.56W(108 顆)，依 90%電池標稱電壓值(DC3.24V)進行配光曲線實驗，依其實驗量測結果，計算在燈具安裝高度與距離燈具遠

近之水平照度值。彙整如下表

表 20 嵌頂型 LED 7.56W(90%標稱電壓值)地表水平照度計算一覽表

距離 高度	0m (正下方)	1.0m	1.5m	2.0m	3.0m	4.0m
2.8m	7.4 lx	5.9 lx	4.5 lx	3.3 lx	1.5 lx	0.7 lx
3.0m	6.4 lx	5.2 lx	4.2 lx	3.0 lx	1.5 lx	0.7 lx
4.0m	3.6 lx	3.2 lx	2.8 lx	2.4 lx	1.4 lx	0.8 lx
6.0m	1.6 lx	1.5 lx	1.4 lx	1.3 lx	1.0 lx	0.7 lx

資料來源：本研究自行彙整

其地表面照度範圍如下圖 4.2.5。

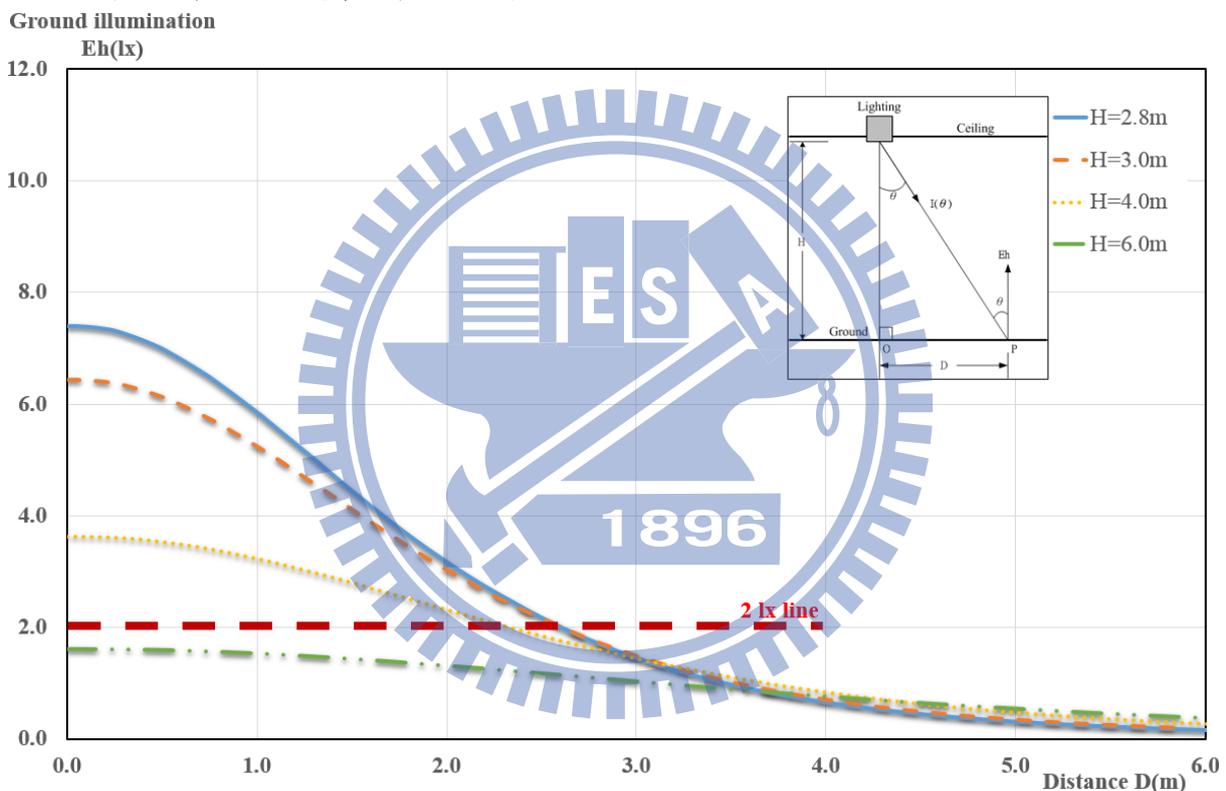


圖 4.2.5 嵌頂 LED 7.56W(90%標稱電壓值)地表水平照度值與距離之關係

資料來源：本研究實驗結果

樣品 3-2 為樣品 3 的 90%放電電壓狀態實驗，其結果與樣品 1 及樣品 1-2 的表現相似，光特性對於嵌頂型燈具構造及安裝方式相同的燈具有相似表現，同樣的在於能量(電力)的提供上有所不同，但 LED 燈對於電壓供給表現上明顯比 PL 燈還大，在 90%放電電壓下，安裝高度 4 公尺內的範圍已縮小至 2.5 公尺，安裝高度 5 公尺剩下 2 公尺範圍，至於安裝高度 6 公尺在燈具正下方水平照度已不足 2lx。

#### 6. 樣品 4

壁掛型 LED 7.56W(108 顆)，依電池標稱電壓值(DC3.6V) 進行配光曲線實驗，依其實驗量測結果，計算在燈具安裝高度與距離燈具遠近之

水平照度值。彙整如下表

表 21 壁掛型 LED 7.56W 地表水平照度計算一覽表

距離 高度	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	3.0m	3.5m
2.5m	1.1 lx	2.4 lx	3.2 lx	3.3 lx	2.5 lx	2.0 lx
3.0m	0.6 lx	1.4 lx	2.0 lx	2.3 lx	2.0 lx	1.8 lx
3.5m	0.4 lx	0.9 lx	1.3 lx	1.6 lx	1.6 lx	1.5 lx

資料來源：本研究自行彙整

其地表面照度範圍如下圖 4.2.6。

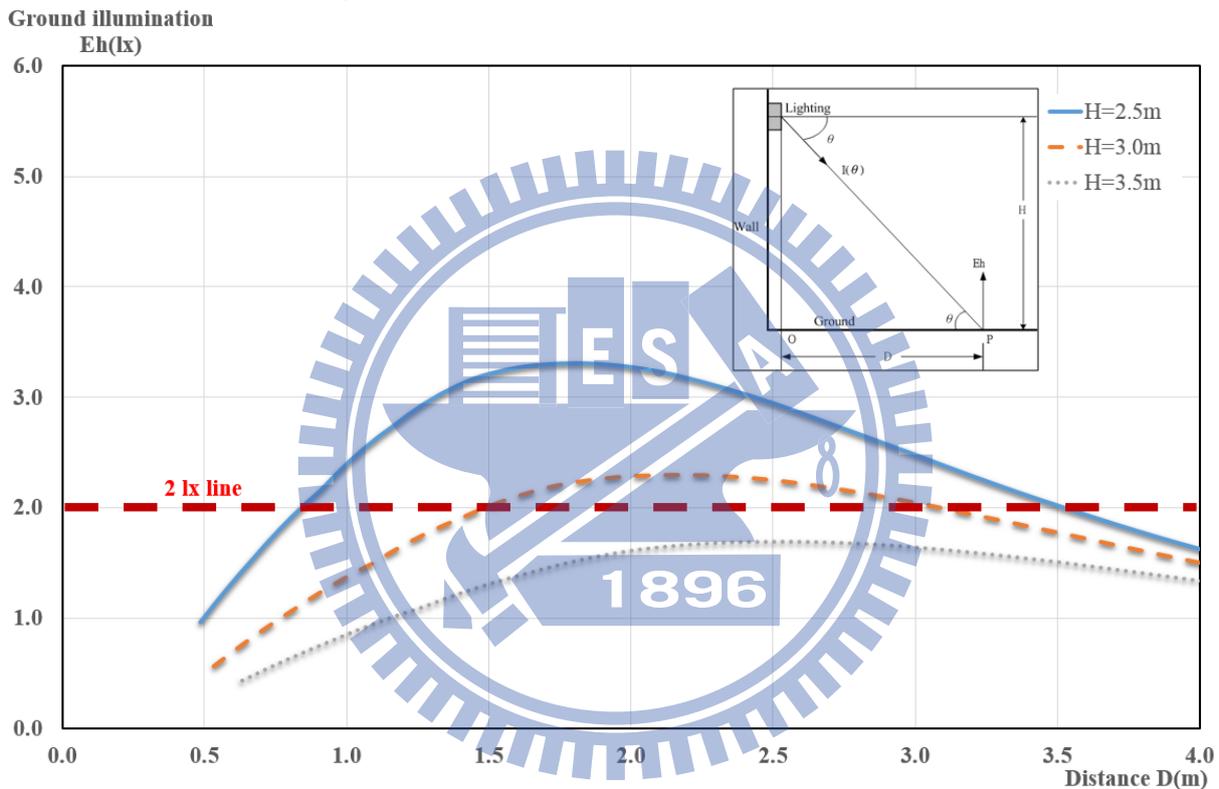


圖 4.2.6 壁掛 LED 7.56W 地表水平照度值與距離之關係

資料來源：本研究實驗結果

由上圖可以發現，樣品 4(壁掛型 LED 燈)在安裝高度 2.5 公尺時，在距離燈具中心正前方之地板 0.8 公尺至 3.5 公尺範圍內有達法定照度值(2lx)以上，安裝高度增加至 3 公尺則縮短為 1.5 公尺至 3.0 公尺範圍。

另外，上述計算為燈具正前方之地板面水平照度值，由計算原理可以得知燈具左右兩旁之水平照度會小於正前方之水平照度，其所提供之可用照度範圍將更小，由樣品 3 及樣品 4 比較，樣品 4 光通量比樣品 3 大 50lm 左右，但因安裝方式不同，樣品 3 對地面水平照度提供的效果比起樣品 4 來得大，所以壁掛型燈具在提供地板水平照度是沒有效率且可能是無用之設計的結論是成立的。

## 7. 樣品 5

嵌頂型 LED 1.68W(24 顆)，依電池標稱電壓值(DC3.6V)供給。其不同高度下水平照度值計算彙整如下表

表 22 嵌頂型 LED 1.68W 地表水平照度計算一覽表

距離 高度	0m (正下方)	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m
2.8m	4.0 lx	3.8 lx	3.2 lx	2.4 lx	1.8 lx
3.0m	3.5 lx	3.3 lx	2.9 lx	2.3 lx	1.6 lx
4.0m	2.0 lx	1.9 lx	1.8 lx	1.5 lx	1.3 lx

資料來源：本研究自行彙整

其地表面照度範圍如下圖 4.2.7。

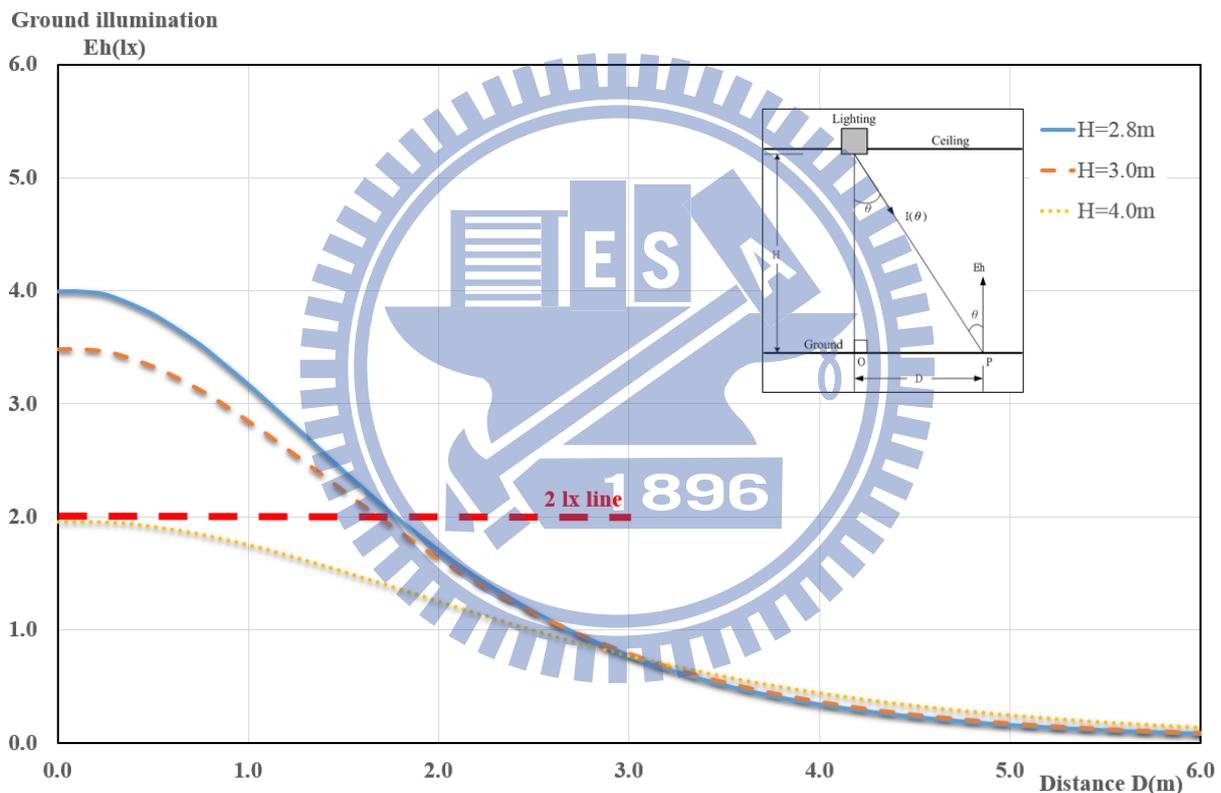


圖 4.2.7 嵌頂 LED 1.68W 地表水平照度值與距離之關係

資料來源：本研究實驗結果

比較樣品 3 及樣品 4，可以了解在相同光源種類(LED 燈)下，其 LED 數量及消耗功率不同，則表現出來的光特性，無論是光通量或是地表水平照度值都有所不同，由樣品 4 結果來看，安裝高度在 3 公尺內的法定照度半徑為 1.5~1.6 公尺，在樣品 3 則在 3 公尺範圍，安裝高度 4 公尺以上在正下方照度值就不足法定照度，而樣品 3 確到安裝高度 6 公尺都有 2lx 以上，目前市面上由於成本價格因素，其中使用量最大的 LED 燈都有縮少 LED 數量及功率的趨勢，但也造成燈具效能的下降，甚至錯誤的設置與設計造成緊急照明燈形同虛設沒有用處，由本

研究說明了緊急照明燈光特性檢驗的重要性。

### 8. 樣品 6

壁掛型 LED 1.26W(24 顆)，依電池標稱電壓值(DC3.6V) 進行配光曲線實驗，依其實驗量測結果，計算在燈具安裝高度與距離燈具遠近之水平照度值。彙整如下表

表 23 壁掛型 LED 1.26W 地表水平照度計算一覽表

距離 高度	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	3.0m	3.5m
2.5m	0.6 lx	1.2 lx	1.6 lx	1.6 lx	1.2 lx	1.0 lx
3.0m	0.3 lx	0.6 lx	1.1 lx	1.1 lx	1.0 lx	0.9 lx

資料來源：本研究自行彙整

其地表面照度範圍如下圖 4.2.8。

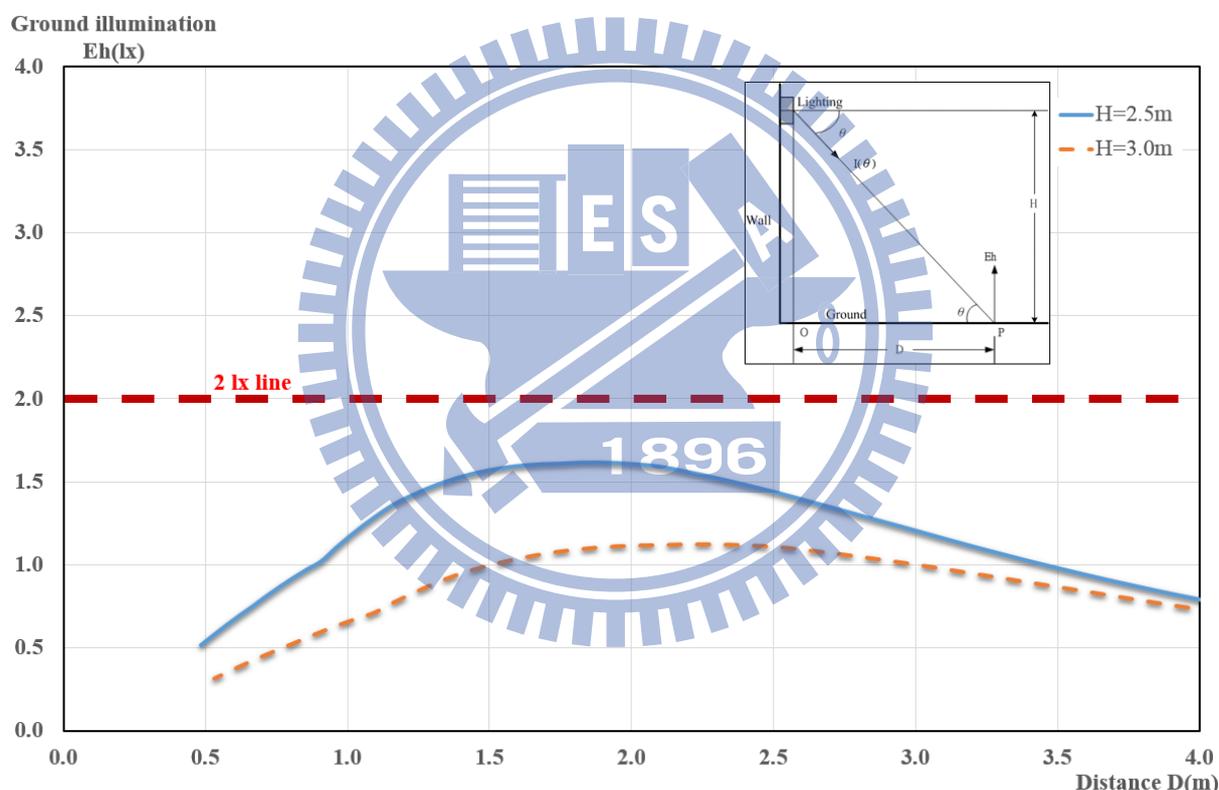


圖 4.2.8 壁掛 LED 1.26W 地表水平照度值與距離之關係

資料來源：本研究實驗結果

樣品 6(壁掛型 LED)是目前市面上最普遍的緊急照明燈具之一，原因在於便宜，有競爭力，而且又能通過目前緊急照明燈認可基準取得認證，但由實驗與計算得到，在安裝高度 2.5 公尺(最常見的安裝高度)時，單一緊急照明燈的光特性均無法達法定照度值(2lx)以上，此燈具在本研究的結論上不應被使用。

### 9. 樣品 7-1

吸頂型 T5 14W(840 型)燈具，依電池標稱電壓值(DC6.0V)進行配光曲

線實驗，依其實驗量測結果，計算在燈具安裝高度與距離燈具遠近之水平照度值。彙整如下表

表 24 吸頂型 T5 14W(840 型)燈具地表水平照度計算一覽表

距離 高度	0m (正下方)	1.0m	2.0m	2.5m	3.0m
A-A 斷面					
2.8m	8.2 lx	6.9 lx	3.9 lx	2.7 lx	1.9 lx
3.0m	7.2 lx	6.0 lx	3.6 lx	2.7 lx	1.9 lx
4.0m	4.0 lx	3.7 lx	2.7 lx	2.2 lx	1.8 lx
5.0m	2.6 lx	2.5 lx	2.0 lx	1.7 lx	1.2 lx
B-B 斷面					
2.8m	8.2 lx	7.3 lx	4.8 lx	3.6 lx	2.7 lx
3.0m	7.2 lx	6.5 lx	4.4 lx	3.5 lx	2.7 lx
4.0m	4.0 lx	3.8 lx	3.1 lx	2.6 lx	2.2 lx
5.0m	2.6 lx	2.5 lx	2.2 lx	2.0 lx	1.7 lx

資料來源：本研究自行彙整

其地表面照度範圍如下圖 4.2.9。

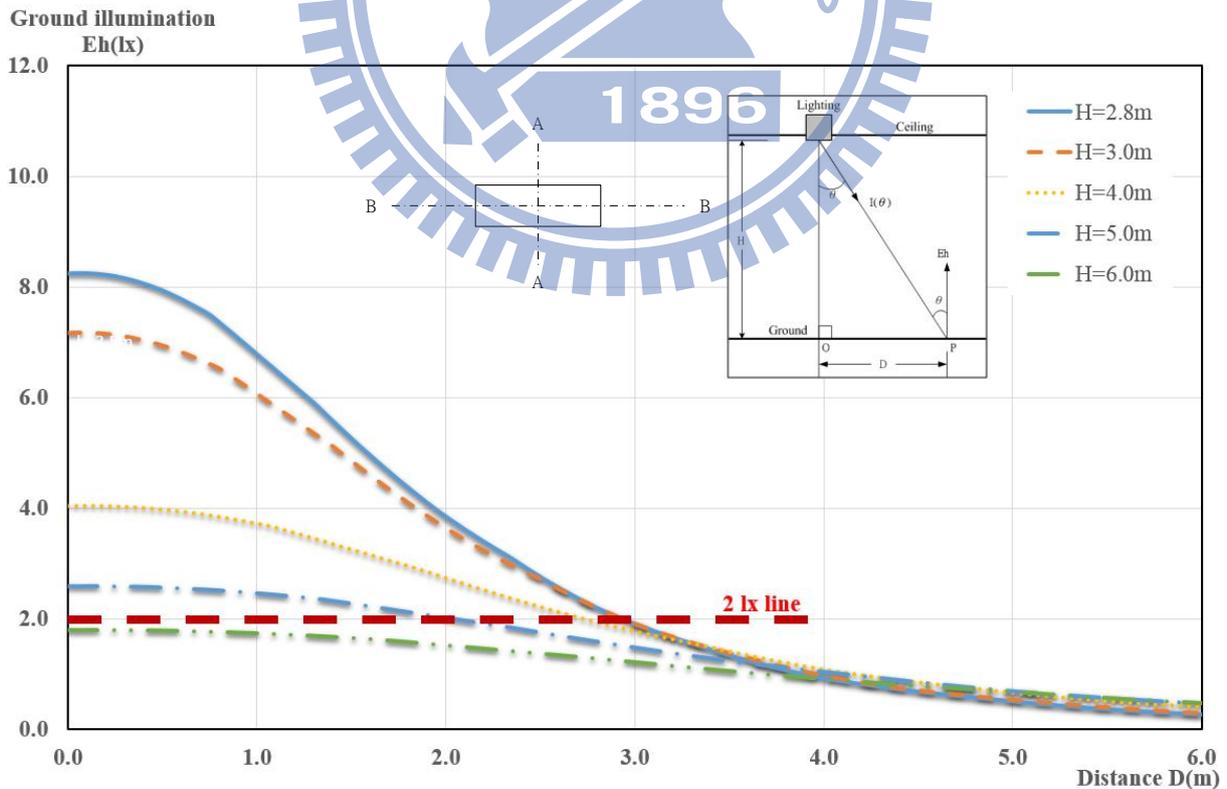


圖 4.2.9 吸頂 T5 14W(840 型)燈具地表水平照度值與距離之關係 (A-A 斷面)

資料來源：本研究自行彙整

由上圖可以發現，樣品 7-1(吸頂 T5 14W(840 型))燈具與樣品 3 有類似的地表水平照度效能，且安裝高度在 2.8 公尺到 5 公尺，距離燈具中心 3 公尺範圍內有達法定照度值(21lx)以上，但在安裝高度 6 公尺時就沒有樣品 3 還能提 1.5 公尺防護半徑，該型式作為緊急照明燈有不錯的效果，另外，因為燈具形狀屬於長條型，由實驗結果(圖 4.1.7 吸頂型 T5-840 燈管(14W)燈具配光曲線圖)來研判，當燈具構造不屬於圓形對稱，而是上下對稱或左右對稱，或是如壁掛式的使用上不對稱特性者，其光學特性表現都會有所不同，以實驗數據來看，T5 長型燈具在 B-B 斷面提供的地表水平照度比 A-A 斷面來得好，原因在於 B-B 斷面的距離有一部分包含燈具本身。

#### 10. 樣品 7-2

吸頂型 T5 14W(865 型)燈具，依電池標稱電壓值(DC6.0V)進行配光曲線實驗，依其實驗量測結果，計算在燈具安裝高度與距離燈具遠近之水平照度值。彙整如下表

表 25 吸頂型 T5 14W(865 型)燈具地表水平照度計算一覽表

距離 高度	0m (正下方)	1.0m	2.0m	2.5m	3.0m
A-A 斷面					
2.8m	8.1 lx	7.1 lx	3.8 lx	2.7 lx	1.9 lx
3.0m	7.1 lx	6.2 lx	3.7 lx	2.6 lx	1.9 lx
4.0m	4.0 lx	3.8 lx	2.8 lx	2.3 lx	1.8 lx
5.0m	2.6 lx	2.5 lx	2.0 lx	1.8 lx	1.5 lx
B-B 斷面					
2.8m	8.2 lx	7.5 lx	4.8 lx	3.6 lx	2.8 lx
3.0m	7.1 lx	6.7 lx	4.6 lx	3.5 lx	2.7 lx
4.0m	4.0 lx	3.9 lx	3.2 lx	2.8 lx	2.3 lx
5.0m	2.6 lx	2.6 lx	2.3 lx	2.1 lx	1.8 lx

資料來源：本研究自行彙整

最後樣品 7-2 為(吸頂 T5 14W(865 型))燈具，此實驗主要是針對目前市面上最常使用之 840 型燈管與 865 型燈管進行比較，藉著構造、瓦特數及安裝方式相同之燈具，比對色溫對於光特性、光通量及對地板面水平照度貢獻度之差異，由表 15 可以得到，因為基板構造相同，所以在消耗功率上兩者(樣品 7-1 及樣品 7-2)相同，表現在燈具的總光通量上及配光曲線圖也相同，經由計算後發現對地板

面水平照度值與 A、B 斷面的特性也相同，差異在可容許範圍內，所以可以判斷，不同色溫之燈管對於法定照度影響可以忽略，但對使用者視覺感覺與對煙層透光程度則必須另外研究方可確認是否有無差異。

### 4.3 製作燈具設置間隔表

在本研究第二章節文獻回顧中 2.4.2 日本規定，日本緊急照明燈設置方式依據 JIL5501 附錄四規定，廠商必須依該燈具光強度分布特性，光元特性、設備維護率、光束比等因素，繪製在規定照度下的涵蓋(保護)範圍，該表稱之為設置間隔表，作為燈具配置使用。

以下為本研究兩組樣品(樣品 3 及樣品 7)光強度分布實驗結果，假設保守率及維護率為 1(不考慮)，在最佳放電狀態下(使用電池標稱電壓為主)製作如下表所示之燈具設置間隔表。

表 26 嵌頂型 LED 7.56W 設置間隔表

安裝高度		2.5 m	3.0 m	4.0 m	5.0 m	6.0 m
單體配置	A1	3.0 m	3.0 m	3.0 m	2.7 m	1.6 m
直線配置	A2	7.1 m	7.7 m	8.3 m	8.3 m	8.5 m
四角配置	A4	6.3 m	7.0 m	7.7 m	8.3 m	8.5 m

資料來源：本研究自行彙整

表 27 吸頂型 T5 14W(840 型)設置間隔表

安裝高度		2.5 m	3.0 m	4.0 m	5.0 m	6.0 m
單體配置	A1	2.9 m	2.9 m	2.7 m	2.1 m	—
	B1	3.6 m	3.5 m	3.2 m	2.4 m	—
直線配置	A2	7.3 m	7.7 m	7.9 m	7.7 m	6.9 m
	B2	9.5 m	9.7 m	10.0 m	9.3 m	8.5 m
四角配置	A4	6.9 m	7.0 m	7.7 m	8.2 m	8.2 m
	B4	8.7 m	9.0 m	9.7 m	9.7 m	9.7 m

資料來源：本研究自行彙整

由表 26 及表 27 可觀察到嵌頂型燈具並無防護角度差異，吸頂型 T5 燈管因燈管及燈具屬左右對稱構造，所以有很明顯的 A 斷面及 B 斷面之防護距離差異，該設置間隔表可以獲得緊急照明燈的基本配置方法，提供單體配置、直線配置及四角配置燈具的防護涵蓋範圍，對於設計單位使用有相當幫助。

## 五、結論與建議

### 5.1 研究結論

本研究以實驗法對目前普遍之緊急照明燈進行配光曲線實驗，並分析不同燈具構造、安裝方式、光源規格、輸入電壓之因素對燈具光特性的改變以及地表水平照度貢獻之分析，作成以下結論：

#### 1. 燈具安裝方式與光特性之關係

依配光曲線實驗結果，發現嵌頂型燈具其配光曲線圖的表現比起壁掛型燈具來得好，由圖 4.1.1~圖 4.1.10 各實驗燈具由配光曲線實驗取得的不同角度下光強度分布圖質發現，嵌頂型 LED 燈具所表現的水平角  $0^{\circ}$ ~ $360^{\circ}$  光強度值相當均勻，壁掛型燈具就會有很明顯的光強度差異值。且壁掛型燈具在水平角  $0^{\circ}$ / $180^{\circ}$  較弱，實際上壁掛型燈具貢獻最多的角度也在  $135^{\circ}$ ~ $180^{\circ}$  間的範圍，由此可知，壁掛型燈具在使用上並不具效益，大部分的消耗都損失在空間中，就算加強其光功率也並不能有效提供在地表水平照度上。

依地表水平照度計算的結果，嵌頂型的緊急照明燈在光源相同下，在法定規定照度 ( $21x$ ) 的防護距離都比起壁掛型燈具來得遠，以 LED 1.68W 的規格說明，嵌頂型(安裝高度 2.8 公尺)地表水平照度大於  $21x$  的範圍在 0~1.5 公尺，壁掛型燈具(安裝高度 2.5 公尺)地表水平照度卻沒有大於  $21x$  的範圍；壁掛型 LED 燈具由於安裝方式與照明特性的緣故，其地表水平照度與距離的關係通常有山型表現，在接近牆壁的部分水平照度會較低，不適合僅能單邊設置緊急照明燈使用之場所。

#### 2. 燈具光源規格與光特性之關係

在未經實驗前，大都以為 LED 燈的緊急照明效能(提供地面水平照度之能量)比 PL 燈來得差，但就實驗看來，由 LED 燈具消耗功率比起 PL13W 的燈具來得低，但總光通量卻差距 2 倍左右，在照度計算上，同樣是嵌頂型的安裝方式，以 2.8 公尺安裝高度比較，PL13W 僅能提供到 2 公尺防護半徑範圍，LED(7.56W)可以提供到 3 公尺，當安裝高度延伸到 3 公尺時，PL 燈在 0.5 公尺就有照度不穩定現象，而 LED 燈在安裝高度 5 公尺時，照度與 PL13W 在安裝高度 2.8 公尺有相同的性能，由此得知，LED 如果搭配良好，確實可以達到節能且符合效能之設計，另外，因為 PL13W 在本研究並沒有裝飾面板，這是造成燈具所提供的中心照度不穩定主因。然而廠商為節省電力、延長照明時間、降低零配件成本，使用限電流的方式供給燈具電力，在限電流的使用下，PL 燈消耗功率節省  $2/3$ ，所供應的光通量只剩下標稱光通量的  $1/8$  左右，T5 燈具消耗功率節省  $1/2$ ，所

供應的光通量只剩下標稱光通量的 1/4 左右，目前設計上多使用標稱光通量進行燈具數量設計及安裝設計，錯誤的數值導致目前緊急照明燈設計明顯不足，恐造成實際上緊急避難時之危害。

### 3. 燈具光特性對水平照度之貢獻

由配光曲線實驗可以很快獲得該燈具在不同角度不同方向的光強度分布，由實驗可以了解，燈具光源種類、燈具結構、燈具消耗電力等，都是影響該燈具光特性的因素，每種燈具都有其唯一性的光學特性，可稱為燈具的「圖騰」，藉由這獨特的特性，可了解燈具對空間照度之提供與照度性能，且具有科學驗證性，比起目前使用的平均照度法或光束法來計算設計燈具來的準確有效，確實可以做為驗證燈具性能及現場設計配置之使用。

### 4. 標稱消耗功率與實際消耗功率之落差

燈具製造商為縮小電池容量，節省成本，降低電池消耗速度而降低供給電力，導致光輸出的不足，例如本研究實驗樣品中 13W 的 PL 燈，實驗結果僅有 5W 的輸出，原本 PL13W 的總標稱光通量由 8401m~8601m 降低到只有 1001m 左右，為節省 2/3 的電力反而喪失近 8 成的光性能，另外 T5 14W 燈管則由標稱光通量 1150~13501m 降低到 3001m，造成引用錯誤數據作為設計依據，結果是整個系統的功能不當或失效。

### 5. 燈具安裝高度之影響

空間內的任一點照度值與燈具距離平方成反比，故燈具安裝高度越高，地表水平照度越低。目前市面上緊急照明燈具廠商的型錄上並無高度與安裝範圍的說明與限制，但就實驗數據看來，高度對於地表水平照度的提供，有很大落差，舉例來說，在本研究中樣品 3 具有最佳燈具表現，無論是光源均勻性及對地表面照度值，但安裝高度不同，則對地表面照度即有相當大的落差，由表 19 得知，在安裝高度 2.8 公尺正下方地表水平照度 10.6lx，但當安裝高度達 6 公尺時，就剩 2.3lx，而樣品 1(PL13W 表 16)在高度 3 公尺時正下方只剩下 2.1lx，其燈具表現隨燈源種類及規格都有不同的特性表現，但現場大都隨便照經驗進行安裝配置，錯誤頗嚴重，故未來燈具應配合配光曲線實驗結果，將其使用範圍標示在其型錄上，供設計者或安裝人員使用，以避免無效的設計與使用。

### 6. 實驗電壓對光強度值之影響

本研究取樣品 1(嵌頂 PL13W)及樣品 3(嵌頂 LED7.56W)進行不同電壓之光強度量測實驗，以額定電壓與額定電壓 90%數值進行比較，發現輸入電壓對於燈具光強度分布影響不大，配光曲線展現的光型相似，但光強度值則有明顯的下降趨勢，所以對於使用緊急電源放電的緊急照明燈而言，要如何在規定放電時間內維持其基本的

光特性及提供法定規定值之地表水平照度，相當重要，必須被加以考慮。

#### 7. 燈具色溫對於光強度之影響

本研究以 T5 緊急照明燈具為基礎，在相同實驗條件下以不同色溫之燈管規格作為比對實驗，發現不同色溫對於配光曲線值並無差異(比對圖 4.1.7 及圖 4.1.8)，另外參考表 24(使用色溫 4000K 之 T5 燈管)以及表 25(使用色溫 6500K 之 T5 燈管)實驗數據，得知不同色溫對於燈具光強度值的表現也趨近相同，使用不同色溫對於目前法規面的照度要求是可以任意搭配且不受影響。

### 5.2 研究建議

本研究針對市面上普遍使用的緊急照明燈進行光特性影響評估之研究，利用配光曲線實驗，可以迅速且有效的取得燈具光特性相關資訊，便於設計單位或研發單位使用，但在研究的過程中，發現現階段法令、標準不足之處以及未能深入分析與探討之處，因此，以下將提出研究建議與後續研究發展方向之建議。

#### 1. 對於緊急照明燈基準的建議

由本研究可以知道，緊急照明設計首重於照度設計，然而目前緊急照明燈認可基準並無有關於光強度、光分布之相關檢測項目，導致目前緊急照明設計不確實無法提供有效之緊急照明，本研究建議，應該認可基準上針對其構造、型式以及規格，訂定緊急放電時之消耗功率規定，以限制廠商為節省成本而降低電池輸出，來延長照明時間，反造成光強度的降低。

第二為訂定配光曲線試驗方法，這可以參照國家標準 CNS15250 或 CIE 70、LM 79、JIL 5501-2009 非常用照明器具技術基準等國際標準，要求緊急照明燈必須使用配光曲線試驗方式或類似測試方式，將燈具光強度分布值以及光特性確認在型式認可階段，並訂定其使用安裝方法以及限制條件。

第三為訂定配光曲線試驗時，放電基準電壓的規定，由本研究發現，電壓高低對於光強度分布趨勢並無顯著差異，對於光強度值(地面照度值)有其相關性，因為緊急照明燈並非使用一般電源作為放電電源，而是在停電狀態下使用內置用蓄電池放電，所以隨放電時間增加，其預備電源容量會逐漸降低，輸入電壓自會慢慢下降，故必須確保在緊急照明燈在正常使用時間下，都能維持照度必須符合最低法規值以上，所以必須以最長使用時間作為試驗條件。目前依緊急照明燈認可基準規定，照明時間必須維持 90 分鐘，故首先必須取得放電 90 分鐘後的電池電壓值，這數值可由設計方式或實測方式取得，吾人可稱這電壓為「標稱放電電壓」，係燈具維持其光特性規定的最低放電電壓，使用該電壓值進行相關光強度試驗及配光曲

線試驗，以便能確保在 90 分鐘內緊急照明燈都能維持其照明性能。

## 2. 廠商燈具型錄及使用手冊之建議

由本研究結論得知，相同燈具在安裝方式、安裝高度、放電時間等條件不同下，其表現的光強度值與提供地表水平照度的貢獻都不相同，所以建議燈具廠商應將每個燈具的使用方法、限制及注意事項，都公開在型錄或使用手冊上，以便設計單位或查察單位使用。其型錄之內容確認以及相關規定說銘必須在型式認可時被檢驗登錄單位確認，定義為法定申請文件。

## 3. 燈具配置間隔表的建立

針對照度計算結果，進行不同組間之結果分析，並試著導入日本照明工業會 JIL5501 附錄四的配置配置方法，將每個燈具依不同配置方式，製作出其使用間隔表，讓設計人員、使用人員、查驗人員有科學的依據設計、查驗、使用。

## 4. 後續研究建議

本研究是以不同光源、構造、輸入電壓，針對緊急照明燈的光特性以及法規標準進行研究討論，在 1.3 節說明本研究中排除現場環境以及燈具使用安裝時間(耐久性)對於光強度的影響，實際上緊急照明燈對於前述排除條件的影響因子具有一定程度的影響，例如煙濃度對於燈具光強度的影響，火場初期煙層溫度對於燈具(不同光源與構造)造成之影響，或是長時間提供一般照明之緊急照明燈具對於光特性表現的影響，都是必須被考量研究的課題。

## 參考文獻

1. 可見光光譜圖，2014.1，維基百科，  
[http://zh.wikipedia.org/wiki/File:EM\\_spectrum.svg](http://zh.wikipedia.org/wiki/File:EM_spectrum.svg)。
2. 標準光度函數曲線或視覺函數曲線，2014.6，維基百科，  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/視見函數>。
3. CIE 1931 色度座標，1931 年，國際照明委員會。
4. 相關色溫與色度空間對應圖，2014.2，CENTASIA 網站，  
<http://www.centasiathai.com/en/product/chroma-meter-cl-200a>。
5. 各種光源之演色性指數，2014.6，東亞照明網站，  
<http://www.chinaelectric.com.tw/word.htm>。
6. CIE 70-1987 The measurement of absolute luminous intensity distribution，1987 年版，國際照明委員會。
7. CIE 84-1989 Measurement of Luminous Flux，1989 年版，國際照明委員會。
8. CIE 121-1996 The photometry of goniophotometer of luminaires，1996 年版，國際照明委員會。
9. LM 79-2008 Approved Method: Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products，2008 年版，IES 北美照明工程協會。
10. JIL 5501-2009 非常用照明器具技術基準，2009 年版，日本照明工業會。
11. 技術資料 140：2009 非常用照明器具試驗細則，2009 年版，日本照明工業會。
12. JIS C 8105-2011 照明器具-第 5 部：配光測定方法，2011 年版，日本工業標準。
13. 各類場所消防安全設備設置標準，2013 年版，內政部公告。
14. 緊急照明燈認可基準，2012 年版，內政部公告。
15. UL 924 Emergency Lighting and Power Equipment，2009 年版，UL standard。
16. EN 1838 Lighting applications - Emergency lighting，2013 年版，European standard。
17. NFPA101，Life Safety Code，2012 年版，National Fire Protection Association standard。
18. 蘇源在，「國內緊急照明燈設置標準與檢測基準適用性研究」，國立交通大學，碩士論文，民國 97 年。
19. 陳証翔，「應用配光曲線儀探討不同燈源之比較研究—以市售 LED 燈與鹵素燈為例」，樹德科技大學，碩士論文，民國 99 年。
20. 各種燈具樣式，東亞照明網站資料，2014.1，

- <http://www.chinaelectric.com.tw>。
21. 緊急照明燈具樣式，仙暉工業有限公司網站產品型錄，2014.1，  
<http://www.sh119.com.tw>。
  22. 不同款式的螢光燈管，2014.1，維基百科，  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Leuchtstofflampen-chtaube050409.jpg>。
  23. 燈具安定器樣式，台灣照明股份有限公司產品型錄，2014.1。
  24. 鎢絲燈構造，2014.1，維基百科，  
[http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Incandescent\\_light\\_bulb.svg](http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Incandescent_light_bulb.svg)。
  25. 鹵素燈具，TMC 產品型錄，2014.1，  
<http://www.tmc.com/ninshow.asp?RecordNo=42>。
  26. 高強度氣體放電燈泡效能，2014.1，維基百科，  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/高強度氣體放電燈>。
  27. Lamp 及 SMD 的 LED 產品，Direct Industry 產品型錄，2014.1，  
<http://www.directindustry.com/prod/fkk-corporation/smd-leds-78631-656267.html>。
  28. 「職業安全衛生法」，2013 年版，行政院。
  29. 「勞工安全衛生設施規則」，2009 年版，行政院。
  30. 「建築技術規則，建築設計施工篇」，2013 年版，內政部。
  31. 光源反射示意圖，東亞照明網站資料，2014.1，  
<http://www.chinaelectric.com.tw>。
  32. 「建築基準法」及「建築基準法施行令」，2013 年版，日本總務省。
  33. Basics of light and lighting，PHILIPS 公司技術手冊，2014.1。
  34. GB/T 24824-2009，普通照明用 LED 模塊測試方法，2009 年版，中華人民共和國國家標準。
  35. 中心旋轉反光鏡式測角光度計，三色光電有限公司網路資料，2014.1，  
<http://www.sensing.com.tw>。
  36. CNS 15250【發光二極體模組之光學與電性量測方法】，2009 年版，中國國家標準。
  37. 「非常用照明裝置相關指針」，社團法人日本電設工業協會，1979 年。
  38. BS 5266-1，Emergency lighting – Part 1: Code of practice for the emergency escape lighting of premises，2011，BSI(英國標準協會)。
  39. 曾偉菁，「發光二極體發光特性與其驅動電路之研究」，國立成功大學，碩士論文，民國 95 年。
  40. 李厚強，「人工光源之照度及色溫對視覺感知影響與照明方式調查研究-以住宅客廳為例」，中原大學，碩士論文，民國 91 年。
  41. 陳俊源，「發光二極體 (LED) 光源特性於產品設計之應用研究-以燈具產品為例」，實踐大學，碩士論文，民國 94 年。
  42. 鄒吉平，「燈具配光曲線及其標準格式」，建築電氣，第 27 卷第 1 期，

- 76~80 頁，2008 年。
43. 鄒吉平，「燈具配光曲線及其電子文檔標準格式」，照明工程學報，第 18 卷第 2 期，37~41 頁，2007 年 6 月。
  44. 程雲，王國建，「LED 隧道燈在隧道照明工程中重點技術指標的分析」，中國道路照明論壇論文集(會刊)，271~274 頁，2009 年。
  45. 劉德強、鄭威、黃耀偉、汪福威、田君，「淺析隧道照明時設計及 LED 隧道燈配光設計」，照明工程學報，第 20 卷，53~58 頁，2009 年 8 月。
  46. 「光度計測試基本知識」，照明合規簡訊，2010 年第 3 期，1~2 頁。
  47. 胡月萍，「分部光度計在照明工程設計中的應用」，光源與照明，2009 年第 4 期，25~29 頁，2009 年 12 月。
  48. 施克孝，「燈具的配光曲線及應用」，演藝設備與科技，第 1 期，2006 年。
  49. 徐立民，「漫淡火災應急照明設計」，建築電氣，第 5-1 期，106 頁，2004 年。
  50. 郭鴻，「民用建築物中火災狀態下的應急照明設計」，光源與照明，2007 年第 3 期，2007 年 9 月。



# 附錄一 樣品 1 配光曲線實驗數據-光強度數據表

(單位：cd)

C/γ(°)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
0.0	18.94	16.54	15.41	16.61	20.60	24.28	28.11	29.17	28.04	23.30	19.39	16.01	12.78	9.70	7.44	4.43	2.26	0.75	0.60
5.0	18.72	16.39	15.18	16.91	20.67	24.66	28.41	29.47	28.79	24.43	20.45	16.84	13.00	10.15	7.29	4.43	3.16	1.13	0.75
10.0	18.64	16.31	14.88	16.84	21.12	25.78	28.94	29.92	29.17	24.88	21.27	16.91	13.53	10.82	7.29	4.96	3.23	1.13	0.60
15.0	18.64	15.33	14.73	17.06	21.20	26.16	29.62	30.67	30.29	26.08	21.42	17.74	13.98	11.43	7.67	5.41	2.86	0.68	0.90
20.0	18.72	15.48	15.18	17.74	21.42	26.84	30.67	31.27	30.37	26.76	21.80	17.82	14.43	11.95	8.04	4.81	2.41	1.35	0.90
25.0	18.87	15.11	15.48	17.66	21.80	27.44	31.57	32.25	31.27	26.91	22.55	18.64	14.81	11.65	8.19	5.04	2.78	0.98	0.83
30.0	18.94	15.26	14.88	18.04	22.40	28.11	32.25	33.37	31.35	27.74	23.30	18.57	14.96	11.28	7.74	5.19	2.78	1.20	0.98
35.0	18.27	15.41	15.41	18.57	22.70	28.49	33.30	34.05	32.25	28.19	23.45	18.34	14.88	11.58	8.12	5.11	2.78	0.90	0.83
40.0	18.64	15.71	15.79	19.32	23.83	29.32	33.98	34.28	32.17	28.34	23.15	18.19	14.36	11.73	8.19	5.79	2.78	0.98	1.05
45.0	18.64	15.64	16.24	18.87	23.98	29.09	34.35	34.73	32.47	27.51	22.78	18.19	14.13	11.58	7.97	5.41	2.78	0.98	1.05
50.0	18.87	15.86	15.94	19.84	24.66	30.37	33.53	34.88	32.40	27.44	22.17	18.49	14.81	11.65	8.49	5.19	2.86	1.28	0.68
55.0	18.64	15.41	15.94	19.47	24.51	30.07	34.20	34.58	31.80	26.91	21.65	17.59	14.51	12.10	8.72	5.19	3.38	1.13	1.05
60.0	18.49	15.56	16.91	19.09	24.51	30.37	34.58	34.95	32.32	26.91	22.10	17.51	14.36	11.88	8.04	5.79	3.23	1.13	0.68
65.0	18.04	16.16	16.31	19.69	23.98	30.44	34.13	34.58	32.17	27.36	21.95	17.97	14.51	12.10	8.57	5.41	3.53	1.35	1.05
70.0	19.32	15.86	16.31	19.09	24.05	30.22	33.68	34.65	31.87	26.99	22.02	18.27	14.36	12.10	8.79	5.41	3.38	1.65	0.90
75.0	18.57	16.09	16.69	19.54	24.73	30.14	33.98	34.50	31.72	26.08	22.17	17.97	14.73	12.03	8.12	6.24	3.38	1.35	0.75
80.0	18.57	15.79	16.09	19.99	24.73	30.52	33.15	33.98	30.97	26.68	21.95	18.34	14.51	11.43	8.42	5.94	3.53	1.35	1.05
85.0	18.57	16.46	16.39	19.47	24.28	30.07	33.68	33.75	31.35	26.53	22.55	18.42	14.51	11.58	8.19	5.19	3.61	1.05	0.75
90.0	18.79	16.09	16.99	19.69	24.35	30.37	33.07	33.53	30.74	26.61	22.17	18.57	14.73	11.28	8.12	5.19	3.68	0.90	0.90
95.0	18.64	16.69	16.69	19.77	24.35	29.54	32.77	33.22	30.67	26.08	21.50	18.12	14.43	11.73	8.64	5.04	3.53	1.43	0.45
100.0	18.79	16.39	17.51	19.54	24.51	30.14	33.15	33.30	30.74	26.68	22.10	18.27	15.71	12.93	8.95	5.64	3.61	0.75	1.05
105.0	18.87	16.54	17.06	20.45	25.33	30.07	33.37	33.45	31.27	26.91	22.25	19.02	15.56	12.63	9.02	5.64	3.68	1.05	1.05
110.0	18.79	16.31	17.59	20.52	25.26	30.44	33.30	33.68	31.20	26.99	22.17	18.57	14.96	12.33	8.95	5.26	3.46	1.20	0.68
115.0	18.87	17.21	17.51	21.42	24.66	30.59	33.45	33.75	30.82	26.84	22.85	18.57	15.11	12.48	9.25	6.24	3.46	1.20	0.98
120.0	18.79	17.06	18.42	21.65	26.16	30.37	33.75	33.60	30.82	27.06	22.63	18.79	15.18	12.78	10.07	6.24	3.68	0.98	0.83
125.0	19.17	17.82	18.72	21.87	25.41	30.97	33.60	33.75	31.20	27.29	22.93	19.24	15.64	13.00	9.47	6.24	3.38	1.13	1.20
130.0	19.02	17.97	18.49	21.80	26.08	31.27	33.53	34.20	31.87	27.44	23.90	19.69	15.79	13.61	9.62	6.09	3.76	0.90	0.60
135.0	19.32	18.34	19.09	21.72	26.53	30.89	33.68	33.68	31.12	27.81	23.68	19.47	16.24	13.30	9.62	6.46	3.68	1.43	0.30
140.0	19.92	18.34	19.17	22.85	26.91	30.97	32.92	33.30	31.27	27.74	23.30	19.92	15.86	13.08	9.40	6.39	3.83	1.28	0.90
145.0	19.77	19.32	20.15	23.15	26.61	31.27	33.53	33.53	31.20	27.21	23.83	19.99	15.94	13.15	9.62	6.39	3.83	1.65	1.35
150.0	19.09	19.77	20.52	22.55	26.38	30.82	33.45	32.92	31.04	27.14	23.83	19.54	16.09	12.70	9.40	6.16	3.23	1.43	0.60
155.0	19.69	20.30	21.05	23.60	26.91	30.97	33.00	32.85	30.74	26.31	23.00	18.64	14.96	12.33	9.02	5.94	3.08	1.35	1.05
160.0	19.77	20.82	21.95	23.68	26.91	30.59	32.62	32.40	29.92	26.46	22.33	19.09	14.43	12.25	8.12	6.16	3.46	1.13	0.75
165.0	19.39	21.50	23.08	24.51	26.53	30.52	32.10	31.87	29.62	25.71	21.12	18.04	14.51	11.65	8.57	5.41	2.86	1.20	0.68
170.0	20.07	21.95	23.00	25.26	26.31	30.07	31.65	31.42	28.49	25.03	20.82	16.69	13.76	11.35	8.12	5.04	3.61	1.50	0.83
175.0	19.92	23.08	25.03	26.08	27.14	29.99	31.35	30.74	28.34	23.83	19.99	16.69	13.83	10.82	8.04	4.89	2.63	1.28	0.75
180.0	20.15	23.38	26.61	27.81	28.71	30.52	31.95	31.12	28.19	24.05	20.30	16.46	12.78	10.97	7.74	5.11	3.16	1.65	0.98
185.0	19.77	23.75	28.94	29.92	30.89	33.15	33.37	32.47	28.64	24.73	19.99	16.84	13.38	10.00	7.74	5.19	2.71	1.13	1.20
190.0	19.62	23.98	30.22	32.25	34.28	35.10	33.30	30.14	25.26	20.82	16.69	13.76	10.30	8.27	5.11	3.16	1.28	0.45	
195.0	19.84	24.28	32.02	34.28	34.88	37.21	37.51	35.78	31.27	25.71	21.20	16.99	13.61	9.77	7.74	5.41	3.01	1.73	0.45
200.0	19.92	24.28	32.77	35.33	36.61	38.41	38.79	36.23	32.32	26.61	21.57	16.91	13.83	10.60	8.12	4.81	3.53	1.65	1.13
205.0	19.92	24.43	32.92	36.08	37.51	39.76	39.46	37.21	32.32	27.06	22.02	17.06	13.61	10.60	8.04	5.56	3.46	1.95	0.60
210.0	20.22	24.35	33.22	36.16	37.36	39.61	39.31	37.43	32.85	27.36	21.80	17.21	14.06	11.20	8.79	6.01	3.08	1.35	0.75
215.0	20.07	24.66	33.30	35.93	37.13	39.39	39.91	38.04	33.22	28.19	23.68	18.27	14.96	11.73	8.72	5.86	3.46	1.50	0.98
220.0	20.07	24.81	31.65	35.18	37.21	39.91	40.22	38.49	33.83	28.56	23.98	19.47	15.79	12.33	9.02	6.39	3.61	1.13	0.60
225.0	20.45	24.96	30.74	34.35	36.61	39.76	40.44	38.71	34.35	29.17	23.90	19.99	16.16	12.25	9.17	6.39	3.61	0.98	0.53
230.0	20.07	24.35	29.92	33.07	36.23	39.46	40.52	38.64	34.88	29.09	24.43	19.99	15.86	11.73	9.10	6.46	3.16	1.28	0.83
235.0	20.37	24.96	28.94	32.62	35.63	38.71	39.84	38.04	34.20	28.94	24.20	19.69	15.86	12.18	9.25	6.46	3.46	1.13	0.83
240.0	19.77	25.56	28.56	32.62	35.18	38.34	39.31	38.19	33.75	29.47	23.83	19.84	16.24	12.78	9.17	6.31	3.98	1.43	0.98
245.0	20.22	25.63	28.64	31.95	34.65	37.51	38.79	37.51	33.53	28.56	23.23	19.84	15.33	12.55	9.55	5.71	3.38	1.28	0.98
250.0	20.15	26.08	28.86	31.50	34.50	37.21	38.41	37.51	33.30	28.34	23.53	19.54	16.46	12.78	9.62	6.09	3.98	1.50	0.53
255.0	20.52	26.16	28.26	31.27	33.60	37.43	38.19	36.53	32.47	28.19	23.60	19.62	15.79	12.55	9.62	5.94	4.06	0.98	0.30
260.0	20.30	26.16	28.64	30.82	33.90	37.28	38.41	37.21	32.70	27.81	23.15	19.62	16.09	12.18	9.70	6.31	4.13	1.05	0.60
265.0	20.45	26.46	28.19	30.37	33.15	36.53	38.56	36.83	33.15	28.26	23.45	19.62	16.31	12.55	10.15	7.44	4.13	1.13	0.83
270.0	20.07	27.06	27.96	29.99	33.22	36.76	38.41	36.98	33.15	28.41	23.83	19.39	16.46	12.33	9.77	6.61	4.36	1.35	0.68
275.0	19.84	26.23	27.14	28.86	32.70	36.61	38.79	36.98	33.30	28.71	23.98	20.30	16.46	12.63	10.45	6.92	4.06	0.68	0.53
280.0	19.84	26.23	26.68	28.41	32.25	36.46	38.11	37.13	33.83	28.79	24.58	20.22	16.69	12.63	9.92	6.61	4.36	1.13	0.68
285.0	20.30	25.41	26.46	27.36	30.89	35.78	37.43	36.98	33.37	28.56	24.13	20.30	16.24	12.25	9.55	6.31	3.61	1.35	0.90
290.0	20.52	25.33	25.86	26.84	30.14	34.35	36.68	35.93	32.77	28.19	23.68	20.37	16.31	12.55	9.70	6.61	4.21	1.58	1.05
295.0	20.15	25.26	25.18	25.86	29.09	33.60	36.23	35.55	32.47	27.66	23.45	19.77	15.94	12.40	9.92	5.86	3.68	1.35	1.20
300.0	20.15	24.81	24.28	24.81	27.96	32.25	35.03												

## 附錄二 樣品 1-2 配光曲線實驗數據-光強度數據表

(單位：cd)

C/γ(°)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
0.0	16.76	16.46	20.30	22.93	24.51	25.86	26.99	26.91	26.08	22.33	17.51	14.51	11.50	9.17	7.14	5.86	4.13	2.71	2.56
5.0	16.61	16.69	20.52	24.28	24.81	25.86	26.16	26.76	24.28	21.80	17.14	13.91	11.73	7.82	5.94	5.41	4.21	2.63	2.18
10.0	17.44	17.51	21.50	24.13	23.90	26.16	26.84	26.16	24.28	22.10	18.12	13.98	12.33	9.85	7.67	5.49	4.06	2.93	2.18
15.0	17.59	17.66	22.10	24.20	24.13	26.84	26.31	26.68	24.51	22.25	18.04	14.66	11.35	9.77	7.89	5.79	4.59	3.68	2.41
20.0	17.44	16.54	21.27	22.63	24.05	26.68	26.84	26.91	26.91	23.15	19.24	15.26	11.73	9.55	8.27	5.41	4.21	3.38	2.18
25.0	17.51	16.24	20.67	23.15	22.48	24.81	27.06	27.14	25.93	23.38	19.54	17.36	13.08	10.60	8.72	6.16	5.49	2.93	2.18
30.0	16.91	17.21	19.62	20.97	23.00	24.58	27.51	28.04	26.23	23.68	19.69	16.99	13.08	10.82	10.15	6.54	5.19	3.53	2.18
35.0	16.76	16.31	19.32	20.37	23.15	27.51	27.59	28.71	28.26	24.58	20.30	17.59	13.46	11.43	9.32	7.59	4.89	3.46	2.71
40.0	18.12	16.84	18.34	21.27	23.60	27.21	28.86	27.44	28.56	24.88	21.27	16.99	15.26	11.88	9.62	7.07	5.19	3.08	2.56
45.0	17.82	17.21	19.24	20.15	22.93	27.66	28.71	29.54	27.51	25.93	21.95	17.82	14.88	12.33	9.02	7.29	5.19	2.86	1.95
50.0	17.51	17.14	17.66	19.99	23.38	25.48	29.39	28.64	29.54	25.56	21.05	17.36	15.48	12.85	8.87	7.14	4.43	2.56	1.80
55.0	18.12	16.46	17.89	20.60	23.83	27.36	28.86	29.54	27.96	25.11	21.20	17.36	14.43	11.05	9.55	7.22	4.28	2.56	2.18
60.0	18.64	16.69	17.06	19.54	23.08	26.91	28.49	29.54	28.04	25.18	21.20	18.19	15.94	12.10	10.15	7.97	4.28	4.06	1.95
65.0	17.29	16.46	17.66	18.72	23.08	26.68	29.39	29.77	28.26	25.78	21.42	17.51	15.18	11.65	9.55	6.61	4.81	3.83	1.80
70.0	17.36	16.84	17.51	18.94	23.68	27.14	27.81	29.24	24.58	21.80	18.34	13.83	10.60	8.12	7.22	4.81	4.81	2.48	2.41
75.0	16.91	17.59	16.54	19.17	22.70	26.46	28.79	29.54	27.66	25.48	22.40	17.06	15.03	12.40	8.19	7.37	4.96	4.06	2.86
80.0	17.51	17.36	17.44	19.92	22.78	26.84	29.09	29.32	27.36	24.88	21.12	17.59	14.88	10.45	8.95	5.56	5.19	3.98	2.63
85.0	17.82	16.39	16.31	20.07	23.60	26.08	29.32	29.77	27.96	24.73	20.75	17.14	14.13	10.22	8.57	6.69	4.43	2.71	1.95
90.0	18.49	17.51	16.24	19.92	23.45	26.68	29.24	29.47	27.96	24.96	20.60	16.54	14.58	10.75	9.40	7.29	4.89	1.80	1.88
95.0	17.89	16.84	16.84	18.87	23.15	27.81	29.62	28.71	27.89	23.60	19.77	16.54	14.96	10.82	8.27	6.01	4.89	2.03	2.93
100.0	17.89	16.69	17.06	19.69	23.45	27.51	29.62	28.41	26.68	23.68	19.77	16.61	12.93	11.05	8.27	6.24	3.98	2.41	2.10
105.0	18.04	17.06	17.59	20.37	23.30	26.84	30.07	29.02	26.91	23.38	19.84	16.76	13.15	10.97	8.72	6.24	3.98	3.08	1.35
110.0	17.14	17.29	17.29	19.92	23.30	26.76	29.62	29.62	26.08	22.70	19.77	16.69	13.38	9.62	7.59	6.69	3.61	2.48	2.18
115.0	17.59	18.19	16.54	20.97	23.38	27.36	29.99	28.86	26.99	23.08	20.07	16.09	13.00	10.67	7.37	5.79	3.53	2.41	1.73
120.0	17.59	17.14	16.84	20.75	23.38	27.44	29.39	28.64	26.91	23.15	18.04	15.71	12.10	10.37	8.19	5.34	3.68	2.71	1.65
125.0	17.06	17.66	18.34	19.32	23.38	27.06	30.22	27.81	25.56	21.87	18.27	15.26	12.55	9.70	7.74	5.56	4.28	1.50	2.03
130.0	18.04	16.54	16.84	20.22	23.68	27.44	28.56	28.19	25.71	20.15	17.74	14.88	11.50	9.02	7.14	5.86	4.06	2.56	1.50
135.0	18.94	17.82	16.54	19.32	23.98	26.01	27.36	28.26	25.11	20.45	17.29	14.36	11.58	9.70	7.82	5.34	2.41	0.68	2.26
140.0	17.97	16.24	16.76	19.84	22.63	25.86	26.99	27.66	24.58	19.92	16.31	13.15	10.07	8.42	6.99	5.26	4.06	1.58	1.20
145.0	18.04	17.89	17.36	19.02	22.55	25.56	27.36	25.56	24.28	19.09	15.56	13.08	10.37	8.87	7.14	3.98	3.08	1.80	2.41
150.0	18.27	16.46	16.69	18.42	20.82	23.90	25.71	25.93	22.10	17.89	16.76	12.63	10.30	8.12	6.84	5.11	2.71	2.10	2.48
155.0	17.21	17.97	17.21	17.14	22.48	24.96	25.18	24.73	21.87	18.49	14.21	12.10	10.15	7.44	5.71	3.76	2.56	2.18	2.03
160.0	17.44	16.61	18.04	16.84	21.27	25.11	24.88	23.98	22.10	17.14	14.28	11.05	9.70	7.59	5.56	3.01	2.18	2.48	1.88
165.0	17.97	17.82	17.36	18.42	20.97	23.15	25.03	23.00	21.72	16.99	13.61	11.95	9.32	6.77	6.24	3.16	3.46	2.10	2.93
170.0	18.64	18.49	16.39	19.02	20.07	22.93	24.58	24.05	21.20	16.24	14.13	11.28	8.64	6.77	4.43	4.21	2.93	1.73	2.18
175.0	18.94	17.51	16.84	18.64	20.67	23.90	24.43	24.81	22.10	15.86	13.76	10.52	8.95	6.54	5.26	3.53	3.16	2.48	2.18
180.0	18.34	17.44	16.31	18.04	21.05	24.51	24.43	23.30	21.05	16.84	13.30	11.35	9.02	7.07	4.36	2.78	1.50	1.58	2.03
185.0	16.61	15.64	16.61	17.14	20.75	23.68	24.66	24.35	19.69	16.31	15.18	11.05	7.89	6.99	3.83	2.78	2.63	1.58	1.50
190.0	16.99	16.46	16.24	17.74	21.35	22.85	24.05	22.17	20.67	16.76	13.76	11.05	9.25	6.92	4.81	3.53	2.41	2.71	1.80
195.0	17.21	16.09	16.99	17.59	20.52	24.43	25.11	23.08	20.07	16.99	13.76	11.58	9.25	6.84	5.04	3.46	2.18	2.78	1.73
200.0	15.71	16.09	17.44	17.97	22.17	24.35	25.26	22.70	20.67	16.01	13.15	12.48	9.62	7.52	4.89	3.31	2.93	1.88	2.10
205.0	17.29	17.06	16.84	19.02	21.57	23.68	25.41	23.98	20.82	16.31	15.18	10.82	7.89	6.99	4.06	3.31	2.56	2.86	2.63
210.0	16.24	18.12	16.76	18.72	22.02	25.93	26.46	24.66	20.52	16.91	13.15	11.13	8.42	7.52	5.41	3.98	1.95	2.33	3.61
215.0	17.82	17.44	16.91	18.94	23.08	26.61	27.14	24.51	21.42	17.59	14.21	11.73	9.77	7.44	5.49	4.06	3.08	3.01	3.16
220.0	16.46	16.84	16.69	19.09	23.00	26.38	26.84	25.86	22.25	17.82	14.51	12.40	10.00	7.29	4.28	4.28	2.86	2.26	2.93
225.0	15.86	17.14	18.12	20.37	23.75	27.14	26.46	26.53	22.33	18.94	15.03	12.55	10.30	7.59	5.34	2.93	2.10	2.10	0.75
230.0	16.54	16.54	18.04	20.75	23.83	28.34	28.04	26.76	23.98	18.79	16.46	13.38	11.43	8.34	5.94	4.13	2.86	1.65	2.93
235.0	16.39	16.84	18.34	19.99	24.20	28.11	28.94	27.44	24.13	19.24	16.46	13.38	11.58	7.74	5.56	4.43	1.73	1.58	1.50
240.0	17.14	15.94	18.42	20.67	26.38	29.24	28.34	27.36	25.11	19.62	16.31	13.46	11.88	9.92	6.16	4.81	2.71	2.18	2.78
245.0	16.76	17.29	18.79	21.95	26.84	29.09	29.39	28.26	24.05	19.39	16.91	13.98	10.82	8.34	6.99	4.13	2.33	3.23	3.08
250.0	17.74	17.14	18.57	21.27	25.78	29.62	28.56	27.59	24.28	20.82	16.69	15.41	11.58	9.25	6.24	5.04	2.10	2.41	1.43
255.0	16.99	17.44	18.19	20.82	24.66	29.39	29.54	28.34	24.96	20.82	16.99	13.98	12.63	9.47	6.77	4.74	3.46	2.10	1.95
260.0	16.01	16.54	17.74	20.22	24.51	28.56	29.77	27.06	25.18	20.45	18.12	13.53	11.95	9.32	6.92	5.41	2.10	0.98	1.88
265.0	17.29	15.94	18.27	21.65	25.41	28.86	29.17	28.41	25.56	21.72	17.06	13.91	12.78	9.32	7.52	5.64	2.78	2.33	2.33
270.0	17.21	16.39	18.79	22.10	25.03	29.32	29.69	29.32	25.56	21.27	19.09	15.18	11.80	9.17	7.59	5.19	3.23	1.58	0.60
275.0	18.04	16.46	17.82	21.20	25.26	28.19	29.92	29.02	25.33	21.80	18.27	14.66	12.48	10.22	7.29	6.09	3.91	2.18	2.56
280.0	15.79	17.36	17.74	21.27	25.18	28.56	28.86	28.11	25.11	20.60	18.49	14.66	11.95	9.70	6.84	3.83	3.23	1.73	2.18
285.0	16.99	16.69	16.76	20.97	24.13	27.96	29.47	27.74	25.33	22.48	18.57	15.48	13.53	10.45	7.22	6.24	2.10	2.10	2.26
290.0	17.97	17.29	18.04	20.97	23.98	28.11	29.47	28.56	27.51	23.38	18.79	16.84	14.51	10.37	7.97	4.89	3.38	1.43	2.63
295.0	16.99	16.76	17.51	20.90	24.13	28.64	29.84	28.04	26.53	22.33	18.94	16.46	14.28	11.28	8.27	4.89	4.06	1.65	2.33
300.0	17.36	17.51	17.51	19.17	23.68	28.34	30.52	28.64	26.31	2									

### 附錄三 樣品 2 配光曲線實驗數據-光強度數據表

(單位：cd)

C/γ(°)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
0.0	30.44	29.17	28.11	28.04	31.65	31.95	29.99	28.04	28.41	27.66	25.41	23.90	21.12	19.09	18.64	17.14	14.06	12.78	11.05
5.0	30.67	29.02	27.81	28.19	31.20	32.17	29.92	28.34	28.86	28.11	25.86	24.13	21.80	19.92	19.02	16.76	14.51	13.08	11.58
10.0	30.67	28.94	27.81	28.11	31.20	32.55	30.59	28.34	28.86	28.19	26.08	23.98	22.48	20.60	18.72	17.59	14.28	13.15	12.10
15.0	30.74	29.32	28.26	28.34	31.57	32.47	30.97	27.89	29.02	27.96	26.38	24.73	22.48	19.99	19.17	17.97	14.58	13.53	11.80
20.0	30.89	29.47	27.96	28.19	30.59	32.55	32.02	28.64	28.79	28.11	26.84	25.11	22.10	20.37	19.17	17.21	14.43	13.53	12.55
25.0	30.82	29.69	27.89	28.19	30.07	32.25	31.57	28.34	28.56	28.19	26.38	24.51	22.70	19.77	18.94	17.14	14.96	13.00	11.28
30.0	31.04	29.54	28.34	28.04	29.32	32.17	31.87	29.09	27.51	27.74	26.61	24.35	22.17	19.77	18.79	16.61	14.06	13.15	11.50
35.0	30.74	29.17	28.11	27.96	28.56	31.50	31.72	29.24	27.06	26.91	26.76	24.28	22.02	19.62	17.89	16.01	13.38	12.48	10.97
40.0	31.04	29.77	28.19	27.66	28.26	30.59	31.35	30.07	26.91	26.38	25.71	23.45	21.57	18.79	17.97	15.33	13.23	11.50	10.82
45.0	30.74	29.47	28.41	28.04	27.66	29.69	30.97	29.92	27.06	25.41	25.18	23.30	20.67	18.64	16.54	14.51	12.25	10.90	9.77
50.0	30.82	29.84	28.79	28.41	27.66	27.81	30.29	29.69	28.49	25.26	23.90	22.93	20.82	17.82	15.18	14.43	11.88	10.00	9.02
55.0	30.22	30.22	29.24	28.56	27.59	27.14	28.56	29.77	28.26	25.48	23.00	21.80	19.99	17.29	15.18	13.30	10.45	8.79	8.12
60.0	31.12	30.97	29.69	28.64	27.59	26.61	26.91	28.34	27.66	25.71	23.38	20.15	18.64	16.76	14.13	12.40	10.07	8.19	7.82
65.0	30.82	31.35	30.14	28.79	27.59	26.76	25.26	26.08	26.53	25.93	23.38	20.60	17.97	15.79	13.30	11.05	9.32	6.69	6.99
70.0	30.52	31.27	30.44	29.54	28.04	27.06	25.71	24.43	23.98	24.58	22.93	20.30	17.59	14.88	11.80	10.15	7.74	5.94	5.86
75.0	30.89	31.20	31.50	29.77	29.02	27.44	26.01	24.35	23.30	21.65	20.82	19.54	17.51	14.73	11.65	8.64	7.44	5.34	5.11
80.0	30.97	31.20	31.65	31.42	30.14	28.56	26.08	24.66	22.48	20.82	18.87	17.51	16.01	13.08	10.37	8.27	6.09	4.59	4.51
85.0	30.74	32.10	32.10	31.95	31.20	29.92	28.94	26.53	24.28	21.80	19.77	17.82	15.03	12.63	9.85	7.37	5.41	4.59	3.98
90.0	31.04	31.57	32.47	32.62	32.10	30.44	30.14	27.81	26.08	24.13	22.02	18.57	15.48	12.70	10.00	6.77	5.71	3.98	3.76
95.0	30.97	32.10	32.40	32.77	32.25	31.04	29.47	27.81	26.38	24.28	21.35	18.49	16.16	13.15	10.30	6.99	5.34	4.06	3.61
100.0	31.04	31.72	32.25	32.32	31.27	30.52	29.54	27.36	24.66	21.87	18.79	17.06	15.26	12.85	9.92	7.82	5.41	4.43	3.83
105.0	30.82	31.72	31.95	31.72	30.89	29.62	27.21	24.81	22.33	21.27	19.39	18.04	16.16	13.53	10.67	7.89	6.69	4.28	4.21
110.0	30.74	31.80	32.25	31.42	30.07	27.96	26.31	23.98	23.15	22.02	21.05	19.32	16.91	14.21	11.28	9.10	6.92	5.26	5.41
115.0	30.97	31.80	31.57	30.67	29.09	27.36	25.78	24.28	24.58	24.20	23.23	20.30	17.89	14.88	12.48	10.15	7.89	5.86	5.86
120.0	30.59	31.57	31.35	30.37	28.64	27.14	25.93	25.71	26.38	25.33	23.15	20.52	18.57	15.18	13.08	11.35	8.57	6.61	6.99
125.0	30.97	31.12	31.04	29.62	27.89	26.76	26.31	28.26	27.96	25.11	23.60	21.05	19.09	16.16	13.98	11.80	9.62	8.19	7.44
130.0	30.67	31.27	30.74	28.79	27.66	26.76	28.64	30.07	27.89	25.41	23.53	21.50	19.99	16.84	14.58	13.00	10.22	9.25	8.79
135.0	30.89	31.42	30.29	28.49	27.51	27.44	30.59	30.07	27.81	25.26	24.43	22.33	20.07	17.51	15.79	14.13	10.97	10.07	9.62
140.0	31.42	31.04	30.14	27.96	27.59	29.24	31.42	29.77	28.11	25.03	25.33	23.23	20.45	17.59	16.54	13.83	11.80	10.60	10.97
145.0	31.12	31.12	29.54	28.11	27.51	30.82	31.57	29.47	26.91	25.93	24.81	23.30	20.37	18.49	17.21	15.26	12.55	11.58	10.90
150.0	31.35	30.37	29.02	27.89	28.11	31.72	31.35	29.62	27.29	26.61	25.26	23.00	20.37	18.49	17.44	15.48	13.61	11.58	11.50
155.0	30.74	31.27	28.79	27.59	29.02	32.25	31.35	29.39	27.29	27.29	25.33	23.60	21.42	19.02	18.27	15.86	13.61	12.18	11.65
160.0	30.74	30.67	28.86	28.04	29.84	32.32	31.57	29.32	27.74	27.51	25.63	23.38	20.82	19.47	17.89	15.86	13.76	12.63	11.88
165.0	30.97	30.37	28.64	27.81	29.69	32.32	30.89	28.26	28.49	28.04	25.63	23.23	21.12	19.62	18.19	16.16	14.13	12.70	11.50
170.0	31.20	30.59	28.41	28.04	30.14	32.32	30.52	28.34	28.41	27.36	25.86	23.08	20.37	19.99	18.64	16.16	13.68	12.55	11.73
175.0	30.82	30.59	28.41	27.29	30.74	32.02	30.44	28.11	28.41	27.51	25.48	22.63	19.92	18.87	18.19	16.01	13.23	13.15	11.50
180.0	30.89	30.29	28.19	27.06	30.37	32.02	30.07	27.44	28.11	27.14	24.51	22.48	19.47	18.27	18.34	15.94	13.00	12.55	10.67
185.0	30.67	30.07	28.26	27.44	30.37	31.72	29.99	27.14	27.96	27.06	24.13	21.87	19.32	18.04	17.44	15.03	12.48	11.65	10.30
190.0	30.59	30.22	27.96	27.29	30.07	31.35	29.84	26.68	27.51	26.23	23.68	21.20	18.42	17.59	17.66	14.36	12.33	11.35	10.30
195.0	30.82	29.69	28.04	26.91	29.54	31.42	29.39	26.53	26.91	26.01	22.93	20.75	18.42	17.06	16.16	14.13	11.58	11.05	9.77
200.0	30.74	29.69	28.26	26.99	28.41	30.52	28.94	26.68	25.71	25.26	22.25	20.15	17.66	15.48	15.18	13.15	11.05	9.92	8.72
205.0	30.74	30.07	27.89	26.76	28.49	30.97	28.86	26.53	25.11	24.13	21.87	18.87	16.84	14.81	14.21	12.03	10.60	9.47	8.04
210.0	30.52	29.99	27.81	26.84	26.84	29.92	29.02	26.61	24.35	23.60	22.40	19.24	15.71	14.13	12.70	11.58	9.70	8.64	7.22
215.0	30.44	29.92	28.64	26.53	26.38	29.77	28.79	25.78	23.98	22.85	20.97	18.04	14.96	13.46	12.10	10.30	8.57	7.67	6.31
220.0	30.37	29.84	28.94	26.91	25.48	28.26	28.19	26.31	23.30	21.65	19.32	17.51	13.76	11.80	10.90	9.55	7.59	6.84	5.49
225.0	30.74	29.99	29.09	26.84	25.41	26.23	28.19	25.78	22.85	20.97	18.87	16.24	13.23	11.43	9.85	7.89	6.39	5.86	4.36
230.0	30.67	30.67	29.54	26.84	25.71	25.18	26.91	26.01	22.78	20.15	18.19	15.56	13.30	10.60	8.79	6.84	5.26	4.43	3.38
235.0	30.74	30.29	29.62	27.06	25.26	23.90	24.96	25.33	23.23	20.15	17.36	14.81	12.25	9.85	7.74	6.16	4.06	3.46	2.56
240.0	30.29	30.29	29.62	27.81	25.78	24.05	23.15	23.75	22.48	19.69	16.91	14.13	11.28	8.57	6.84	4.74	3.46	2.78	1.95
245.0	30.59	30.44	29.84	28.94	25.93	23.53	22.33	21.65	21.35	19.32	16.46	13.76	11.05	7.74	5.71	4.21	2.86	1.58	1.65
250.0	30.59	30.82	30.07	29.39	26.38	24.28	21.95	20.15	18.79	18.19	15.94	13.15	10.22	7.52	4.74	3.46	1.88	1.13	1.05
255.0	30.22	30.22	30.59	29.32	27.74	25.03	22.25	20.15	17.89	16.69	14.96	12.55	9.62	7.14	4.51	2.63	2.18	0.75	0.68
260.0	30.82	30.14	30.22	29.84	27.96	26.68	23.98	20.82	17.89	15.94	13.76	11.50	8.95	6.46	4.28	2.86	1.50	1.35	1.35
265.0	30.97	30.97	30.67	29.84	28.49	26.61	25.56	22.85	20.45	17.14	14.36	11.43	9.40	5.79	4.51	2.86	1.95	0.90	0.30
270.0	31.20	30.44	30.82	30.22	28.71	27.14	25.41	23.23	20.97	17.51	15.03	11.73	9.47	6.39	3.91	2.18	1.05	0.23	0.75
275.0	30.89	30.97	30.67	29.99	29.02	26.91	25.56	23.15	20.45	17.21	14.36	11.95	8.57	6.39	3.83	2.41	0.90	1.13	0.45
280.0	30.44	30.67	30.52	29.54	28.34	25.86	23.83	21.05	18.57	15.48	12.93	10.90	9.02	6.09	4.51	2.63	1.65	0.75	0.60
285.0	30.22	30.52	29.39	29.02	27.14	24.51	22.25	19.69	17.89	15.94	13.83	12.33	9.55	7.22	4.66	2.71	1.95	0.75	0.75
290.0	30.37	30.67	29.39	28.04	25.93	23.90	22.10	19.92	18.87	17.51	15.94	12.78	10.30	7.14	4.89	3.53	1.88	0.98	0.75
295.0	31.04	30.29	29.24	27.29	25.18	23.98	22.17	20.45	20.67	19.39	16.46								

# 附錄四 樣品 3 配光曲線實驗數據-光強度數據表

(單位：cd)

C/γ(°)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
0.0	84.19	82.84	81.93	80.28	77.87	75.09	71.71	66.98	61.64	54.50	46.98	38.56	30.67	22.40	15.79	9.77	5.56	1.88	0.75
5.0	83.21	83.14	82.31	80.51	77.87	75.17	71.64	67.28	61.56	54.20	46.91	38.34	29.77	22.02	15.33	10.15	5.34	2.33	0.60
10.0	83.66	82.76	82.46	80.88	78.03	75.39	70.96	66.52	61.11	54.87	46.68	38.26	30.14	22.33	16.09	9.92	5.19	2.41	0.53
15.0	83.06	82.91	82.16	80.51	78.25	75.32	71.26	66.75	61.04	54.27	46.98	38.26	29.77	22.55	15.48	9.85	5.26	2.33	1.35
20.0	83.06	82.69	81.86	80.88	78.25	75.02	71.03	66.60	61.19	54.20	46.53	37.73	29.62	22.33	15.26	9.85	4.81	2.48	0.38
25.0	83.44	82.69	82.23	81.11	78.63	74.79	70.81	66.60	60.74	53.75	46.23	37.36	29.54	21.65	15.41	9.47	5.19	1.80	1.13
30.0	83.21	82.54	81.71	80.66	78.48	75.47	71.18	65.85	59.98	53.97	46.00	37.21	29.47	22.17	15.26	10.07	5.26	1.65	1.20
35.0	83.14	82.76	81.86	80.36	78.70	74.87	70.96	65.55	61.11	53.14	46.00	36.98	29.02	22.25	14.66	9.77	4.89	1.73	1.05
40.0	83.21	83.29	81.86	80.66	78.25	74.72	71.26	66.22	60.29	53.67	46.00	36.98	29.09	21.20	15.03	9.40	5.19	1.80	1.13
45.0	83.21	83.14	82.16	81.03	78.55	75.02	70.81	65.55	60.14	53.22	45.40	37.06	28.94	22.10	15.33	9.10	5.41	1.35	0.45
50.0	82.91	82.84	82.16	80.58	78.03	75.17	70.73	65.55	60.14	53.14	45.25	36.98	28.56	21.50	15.71	9.25	5.26	1.65	1.50
55.0	83.66	83.14	81.86	80.73	78.10	74.94	70.73	66.00	59.61	52.92	45.10	36.76	29.09	21.95	15.26	9.55	4.59	1.43	0.68
60.0	83.14	82.61	82.23	79.98	77.95	75.09	70.43	65.62	59.38	52.77	45.18	36.76	28.86	21.42	15.03	9.55	5.04	1.50	0.98
65.0	82.99	82.99	81.63	80.66	77.72	74.87	70.51	65.32	59.91	52.99	44.95	36.91	28.94	21.35	15.18	9.55	4.89	1.35	0.98
70.0	83.29	82.69	82.31	80.13	78.10	74.42	69.98	65.32	59.68	52.24	44.80	36.91	28.71	21.42	14.58	8.95	5.26	1.58	0.90
75.0	82.99	82.16	81.71	80.81	77.57	74.49	70.36	64.95	59.38	52.54	45.10	36.46	28.86	21.42	14.88	9.62	4.81	1.65	1.28
80.0	83.29	82.39	81.93	79.98	77.80	74.42	70.96	65.25	59.31	52.24	44.35	36.46	28.94	21.57	15.33	9.92	5.04	1.28	1.20
85.0	83.14	82.54	81.93	80.51	77.87	74.72	70.36	65.62	59.08	52.09	44.65	36.16	28.64	21.12	15.33	9.70	4.81	1.80	1.13
90.0	83.14	82.76	81.63	80.51	77.87	74.27	70.73	65.02	59.53	52.09	43.82	36.91	28.41	21.05	15.41	9.25	5.26	2.10	1.13
95.0	83.81	83.29	82.01	80.05	77.57	74.49	70.36	65.32	59.23	51.72	44.27	36.31	28.41	21.05	15.18	9.77	4.96	1.65	1.13
100.0	83.81	83.06	82.16	80.21	78.03	74.34	70.51	65.55	59.01	52.24	44.27	36.38	28.34	20.75	14.58	9.40	5.11	1.65	1.20
105.0	83.06	82.54	81.78	80.81	77.72	74.57	70.21	64.95	59.08	52.17	44.35	36.31	28.49	21.35	15.18	9.47	4.81	1.58	0.98
110.0	83.06	83.29	81.86	79.75	77.95	74.04	70.36	65.17	58.93	51.72	44.95	36.23	28.19	21.05	15.11	9.55	4.43	1.88	0.75
115.0	83.51	82.99	81.86	80.28	77.50	74.12	70.36	64.87	59.16	51.49	44.35	36.38	28.64	21.27	15.18	9.77	5.26	1.05	1.05
120.0	83.21	82.99	82.39	80.21	77.72	74.49	70.58	65.47	59.08	51.87	44.05	36.16	28.04	21.20	15.03	9.40	4.89	1.65	0.68
125.0	83.36	83.14	82.16	80.28	77.35	74.79	69.91	65.10	58.86	51.87	44.88	36.01	28.49	21.42	14.28	9.40	4.89	1.73	1.05
130.0	83.59	83.06	81.93	80.81	77.87	74.64	70.28	65.02	58.86	51.79	44.20	36.16	28.34	21.05	14.88	9.77	5.34	1.95	0.83
135.0	83.21	82.69	82.16	80.13	77.72	74.04	70.36	65.47	58.71	51.79	43.82	36.53	28.34	21.12	15.18	9.47	4.81	1.80	1.05
140.0	83.06	82.99	81.86	80.51	77.72	73.97	69.83	64.65	58.86	52.02	44.65	36.01	29.02	21.20	15.11	9.85	5.26	2.03	0.90
145.0	83.21	82.91	81.93	80.13	77.95	74.12	70.43	65.25	58.93	51.49	44.27	36.16	28.41	21.20	15.48	9.40	4.59	1.65	1.13
150.0	83.44	82.76	81.78	80.66	78.18	74.79	70.21	65.55	58.78	52.09	44.58	36.46	28.49	21.57	15.03	9.85	4.81	1.95	1.05
155.0	83.06	82.84	81.71	80.51	77.87	74.27	70.21	65.40	59.08	52.09	44.80	36.23	28.79	21.35	14.81	9.70	5.26	2.03	1.20
160.0	83.36	83.14	81.86	80.28	78.18	74.64	70.13	65.62	59.53	52.69	44.80	36.61	28.56	21.95	14.96	9.70	4.96	2.41	1.20
165.0	83.66	83.44	81.56	79.98	78.10	75.47	70.66	65.10	59.23	51.94	44.50	36.61	28.56	22.02	15.79	10.00	5.56	2.33	1.43
170.0	83.29	82.69	82.39	79.60	77.87	74.72	70.21	64.80	59.53	52.62	44.80	36.83	28.71	21.65	14.96	9.85	5.34	2.03	0.75
175.0	83.36	83.06	81.41	80.51	78.10	74.79	70.51	65.77	59.38	52.62	45.25	36.68	29.09	21.87	15.33	9.32	5.41	1.73	0.75
180.0	83.36	82.91	82.54	80.05	78.25	74.79	70.73	65.62	59.08	52.47	44.65	36.98	28.86	21.50	15.64	10.07	5.26	2.41	0.75
185.0	83.96	82.91	82.23	81.18	77.80	74.72	70.36	65.32	59.68	52.69	44.73	37.36	29.47	22.40	15.48	10.07	6.24	1.88	0.60
190.0	83.29	82.99	82.76	80.88	77.95	75.09	70.58	65.47	59.83	52.62	44.88	37.13	29.62	22.55	15.26	10.37	5.86	1.88	0.60
195.0	83.44	82.84	81.78	80.28	78.10	75.17	70.66	65.92	59.46	52.62	44.95	37.43	29.77	22.25	15.71	10.30	5.56	2.33	0.75
200.0	83.44	83.21	81.93	80.05	78.40	75.09	70.88	66.00	59.98	52.32	45.25	37.21	29.17	21.95	15.71	10.30	5.71	2.26	0.90
205.0	83.44	83.36	82.31	80.13	78.55	74.79	70.96	65.47	59.68	52.62	45.48	37.58	29.39	22.10	16.09	10.15	6.01	2.41	0.75
210.0	83.51	83.21	81.86	80.73	78.25	74.64	70.88	66.00	59.83	53.22	45.55	37.13	29.17	22.48	15.33	10.52	6.01	2.18	0.75
215.0	83.36	82.69	82.54	81.11	78.10	74.94	71.03	65.77	60.21	53.45	46.08	37.51	29.32	22.25	15.64	10.45	5.71	1.95	0.45
220.0	83.14	82.54	82.23	81.11	78.40	75.24	71.56	66.07	60.51	53.90	45.55	37.13	29.39	22.25	16.09	10.15	5.56	2.56	1.05
225.0	83.44	83.06	82.08	80.58	78.40	75.24	71.11	66.15	60.21	53.29	45.33	37.21	29.32	21.95	16.39	10.37	5.94	2.03	0.90
230.0	83.74	83.06	81.86	80.58	78.33	75.17	71.03	66.30	60.29	53.37	45.93	37.51	30.07	22.10	16.09	10.45	5.79	2.18	0.38
235.0	83.59	83.29	81.93	80.73	78.18	76.15	71.03	65.77	60.51	53.22	45.33	37.21	29.99	22.70	16.16	10.75	5.86	2.18	1.20
240.0	82.91	82.99	82.54	80.58	78.33	75.47	71.64	65.85	60.36	53.14	46.23	37.81	30.07	22.40	16.01	10.82	6.54	2.48	0.83
245.0	82.76	83.44	83.06	80.88	78.63	75.39	71.49	65.85	60.06	52.99	45.40	37.58	30.22	22.25	15.94	10.37	6.39	2.18	0.30
250.0	83.36	83.29	82.31	80.66	78.93	75.24	71.49	65.77	60.29	52.99	45.63	37.81	30.22	22.78	16.31	10.52	5.94	2.48	1.20
255.0	83.36	83.74	82.76	81.11	78.33	75.70	71.49	66.45	60.14	53.37	45.70	37.58	30.07	22.40	16.31	10.45	5.86	2.33	0.83
260.0	83.51	83.21	82.23	81.03	78.70	75.32	71.71	66.45	60.66	53.14	46.15	38.04	29.84	22.78	16.16	10.75	5.94	2.18	1.13
265.0	83.29	83.21	82.91	80.73	78.85	75.85	71.34	66.60	60.21	53.52	46.08	38.79	30.44	22.48	15.94	10.60	5.64	2.71	0.75
270.0	83.51	83.14	82.39	80.88	78.48	75.77	71.94	66.75	60.74	53.67	46.08	38.34	30.14	22.93	16.39	10.97	6.39	3.08	0.68
275.0	83.66	83.29	82.54	81.18	78.55	75.70	71.41	67.13	60.89	53.82	46.23	37.89	30.52	22.85	16.16	10.30	6.01	2.03	0.83
280.0	83.66	83.29	82.16	80.66	78.18	75.17	71.34	66.75	60.74	53.37	45.93	38.26	30.07	23.08	16.84	10.60	5.79	1.80	0.90
285.0	83.36	83.66	82.39	80.66	79.00	75.24	71.26	66.30	60.66	53.60	46.00	37.89	30.14	22.78	15.79	10.45	6.01	2.26	1.13
290.0	83.29	83.14	82.54	81.11	79.15	75.47	71.64	66.07	60.66	53.52	46.83	38.04	30.22	22.78	15.86	10.90	5.79	1.95	0.53
295.0	83.36	83.51	82.08	80.96	78.78	76.00	71.71	66.52	61.26	53.82	46.38	38.34	30.22	22.85	15.79	10.97			

# 附錄五 樣品 3-2 配光曲線實驗數據-光強度數據表

(單位：cd)

C/γ(°)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
0.0	57.28	57.88	57.20	57.58	54.57	53.90	50.36	49.16	43.75	39.39	34.20	29.39	23.45	17.51	12.70	8.79	5.19	2.48	1.43
5.0	58.48	57.65	57.20	56.30	54.87	54.05	49.99	47.43	43.67	38.94	34.05	27.51	23.08	17.59	12.78	8.72	6.16	3.38	2.26
10.0	58.71	58.18	58.03	55.62	55.32	52.77	50.66	46.83	44.80	38.26	34.58	29.17	22.40	16.91	11.88	7.97	5.71	3.31	1.58
15.0	57.50	58.11	57.35	56.30	55.40	52.39	50.44	47.81	43.37	39.54	34.28	28.64	22.48	17.14	12.33	8.64	4.96	2.56	1.65
20.0	56.83	58.18	56.23	56.75	56.38	52.32	51.11	47.81	43.30	38.56	33.22	27.36	22.93	16.61	11.73	9.47	4.96	3.61	2.71
25.0	57.50	57.43	57.05	55.25	55.47	53.82	49.46	46.83	43.52	38.26	34.05	28.26	21.50	17.21	13.30	8.72	5.34	3.31	2.63
30.0	57.50	58.33	57.50	56.15	55.32	51.49	50.89	46.38	43.52	39.01	32.40	25.63	21.42	18.49	11.73	8.42	4.96	2.48	1.20
35.0	58.48	57.88	57.28	56.53	53.60	52.62	50.21	46.68	41.94	37.73	33.00	27.36	21.57	16.76	12.48	8.27	4.28	1.80	1.73
40.0	57.20	57.80	56.90	56.98	55.17	52.62	49.91	46.00	41.87	37.73	32.17	27.21	21.72	15.41	11.58	8.42	5.34	2.33	1.13
45.0	58.18	57.50	57.13	56.53	54.12	53.82	49.46	46.00	43.07	38.64	32.32	27.14	22.17	16.61	12.18	8.79	5.94	2.86	1.13
50.0	58.03	57.13	57.88	56.00	54.65	53.29	50.96	46.60	42.17	37.43	32.32	27.29	20.30	16.01	11.35	8.42	4.06	2.18	2.56
55.0	58.48	57.58	57.96	56.45	54.20	52.99	49.84	46.23	42.70	38.41	31.65	26.31	20.52	16.91	11.50	6.77	5.71	2.33	2.71
60.0	57.73	58.71	57.80	55.93	54.20	51.79	49.84	44.42	43.67	37.81	32.32	26.16	21.87	15.79	11.65	8.72	3.76	2.26	0.90
65.0	57.96	58.11	57.65	56.90	55.02	52.02	48.86	46.23	42.47	36.98	31.57	26.99	20.45	17.21	12.10	7.89	5.41	2.71	1.88
70.0	58.18	57.58	58.03	55.17	55.10	51.42	49.24	46.53	41.34	36.61	32.25	25.93	20.75	15.79	11.65	7.59	3.76	3.16	2.56
75.0	58.41	57.96	58.41	56.15	54.05	52.39	49.24	46.23	42.47	36.31	31.87	26.53	20.90	15.56	11.20	7.22	4.96	4.06	2.63
80.0	58.26	58.18	57.20	55.85	54.42	52.39	50.14	46.38	41.19	36.68	29.99	25.33	20.52	14.88	10.90	8.42	4.96	4.13	3.08
85.0	57.96	58.18	57.58	55.78	53.82	52.24	49.09	45.48	42.17	36.61	30.89	25.63	19.99	14.81	10.60	7.97	5.04	1.95	1.28
90.0	58.18	57.35	58.03	56.75	54.12	51.57	49.09	46.15	41.79	37.28	31.50	25.86	20.75	16.24	10.30	7.97	4.96	2.18	2.86
95.0	58.56	58.78	57.28	55.25	54.65	52.54	49.31	44.58	41.94	37.06	30.59	25.71	20.37	15.03	11.20	6.92	5.56	2.41	2.56
100.0	57.65	57.20	57.43	56.15	54.12	51.42	49.24	45.25	41.42	36.46	31.27	25.63	19.62	15.41	10.60	6.46	3.16	2.63	1.65
105.0	58.11	56.98	58.26	56.00	54.27	52.24	48.86	45.10	41.19	36.31	30.22	25.56	19.99	14.81	10.82	7.22	4.21	1.73	2.63
110.0	57.20	57.88	57.28	55.40	54.80	51.34	49.16	46.00	40.29	36.08	31.04	25.78	19.62	14.28	10.75	7.74	4.36	2.18	2.78
115.0	56.98	58.03	57.43	56.00	54.35	52.02	48.56	45.48	40.97	37.96	30.44	25.26	20.37	15.79	10.60	8.27	4.21	2.26	1.88
120.0	59.16	56.38	56.60	56.75	54.50	53.07	48.86	45.33	40.52	35.93	30.74	24.66	18.64	14.43	11.20	7.14	4.59	2.26	4.13
125.0	58.18	58.63	56.38	55.78	54.35	51.79	48.71	44.50	41.94	35.71	31.57	25.41	20.37	15.11	10.67	7.97	4.21	2.33	1.65
130.0	59.01	58.26	57.73	55.93	53.82	51.94	49.01	45.03	40.97	35.93	30.97	25.03	19.47	14.28	10.30	7.44	4.66	2.63	3.01
135.0	57.88	58.41	56.75	56.00	54.05	52.17	48.26	45.18	42.09	36.01	30.89	25.03	19.84	16.16	11.58	7.97	4.36	2.48	2.56
140.0	57.58	57.43	57.05	55.78	52.99	51.94	49.01	45.40	41.27	35.48	31.27	25.11	20.22	14.73	10.45	7.07	5.49	3.61	0.90
145.0	56.83	58.78	57.13	54.87	55.55	52.54	49.01	44.80	40.67	36.16	30.74	25.71	20.45	15.56	10.97	9.32	3.68	2.18	2.33
150.0	57.73	57.58	57.20	56.23	54.72	52.39	47.58	45.93	41.34	35.78	31.72	25.86	20.67	15.18	11.58	7.44	4.21	1.73	0.75
155.0	57.80	58.71	56.45	56.23	54.27	51.64	48.93	44.50	40.22	36.76	31.20	24.88	20.37	14.88	11.65	8.57	5.11	3.46	2.10
160.0	57.80	57.88	58.03	56.15	54.05	52.84	49.24	46.76	40.89	35.55	30.74	25.41	21.72	14.28	12.33	7.52	5.34	2.18	2.93
165.0	58.11	57.88	57.73	57.13	55.17	51.11	49.39	45.48	42.02	37.36	31.04	25.78	19.92	15.71	11.43	6.84	4.43	2.10	1.73
170.0	58.33	58.33	57.50	56.08	53.75	52.24	49.31	45.33	42.17	36.38	30.59	26.23	19.69	15.26	10.75	8.42	4.74	1.88	2.26
175.0	57.65	58.11	57.80	57.20	53.90	50.96	48.63	45.18	42.24	37.21	31.42	26.08	20.45	15.03	11.20	8.49	4.59	2.18	3.01
180.0	58.48	58.93	56.68	56.30	54.50	51.11	49.31	44.73	42.47	36.76	31.80	26.68	21.72	15.56	12.10	6.99	5.49	2.33	2.78
185.0	57.58	57.50	56.38	55.32	55.32	52.02	49.09	47.51	41.79	36.76	32.62	27.44	21.05	16.16	12.70	7.97	4.89	3.61	2.18
190.0	57.50	57.80	56.98	55.93	54.80	52.47	49.69	46.53	41.34	35.71	30.82	25.93	21.12	16.39	12.25	7.82	4.96	2.93	2.63
195.0	56.98	58.63	57.80	56.45	54.20	52.69	50.06	46.15	42.32	38.11	31.35	25.78	20.52	16.76	11.28	8.49	5.94	2.03	1.73
200.0	57.80	56.98	57.35	56.98	54.57	51.87	49.54	46.68	42.02	37.21	31.42	27.59	21.27	15.79	10.82	7.97	5.34	2.18	2.71
205.0	57.50	57.65	57.65	56.30	55.02	52.54	49.24	45.78	43.00	37.81	32.02	25.93	20.52	15.11	11.80	8.27	4.36	3.46	2.26
210.0	58.26	57.73	57.58	56.30	54.87	51.57	51.34	45.78	41.42	37.36	32.40	26.76	21.20	16.46	12.48	7.52	5.49	2.18	1.35
215.0	58.03	57.58	58.26	56.68	54.42	51.57	49.84	46.15	42.24	37.58	32.62	26.16	21.87	16.24	12.10	8.04	5.04	2.71	2.93
220.0	57.35	58.56	56.30	56.15	54.65	51.79	50.14	45.48	43.45	37.28	33.30	26.84	21.95	17.44	11.58	7.74	4.81	3.23	2.26
225.0	57.88	57.65	57.28	55.62	54.95	52.69	49.54	46.08	42.47	37.51	32.92	26.76	22.85	15.79	13.46	9.25	5.19	3.23	2.03
230.0	58.11	58.26	57.65	56.83	55.40	53.29	48.86	46.30	43.15	38.26	31.27	26.84	20.52	17.66	12.78	8.19	5.04	3.53	0.53
235.0	58.86	58.41	57.58	55.70	55.47	52.77	50.14	47.06	42.55	37.66	32.10	27.36	22.78	16.39	11.88	9.40	4.81	4.43	1.28
240.0	58.03	58.26	56.98	56.38	54.65	53.37	49.69	46.76	42.40	38.11	32.92	26.68	22.25	16.24	11.88	8.27	5.49	2.41	2.18
245.0	58.48	57.73	57.50	56.15	55.10	52.84	49.31	46.91	42.85	38.11	33.45	27.29	21.80	17.59	13.08	8.57	5.34	3.83	2.10
250.0	58.63	57.50	58.41	57.43	55.17	52.92	50.21	46.15	43.30	36.98	33.60	26.76	22.48	16.91	13.46	9.02	4.66	3.31	3.53
255.0	58.33	58.78	58.56	56.60	54.95	53.22	50.44	48.11	42.77	38.56	33.15	28.34	22.17	17.59	12.40	8.64	6.24	3.68	2.26
260.0	57.88	57.73	57.28	56.98	55.70	53.75	49.61	46.00	43.15	38.26	33.60	28.49	22.55	18.27	13.30	8.49	5.79	3.61	2.33
265.0	58.33	58.11	57.28	57.05	56.38	54.57	50.21	46.68	43.30	38.79	33.15	28.11	23.45	17.06	13.46	9.40	6.01	3.01	1.95
270.0	58.11	58.86	57.65	57.96	55.93	53.52	50.51	46.60	43.60	38.11	32.70	27.81	23.15	17.66	13.08	9.10	4.74	3.83	2.10
275.0	58.41	58.18	56.68	56.45	55.70	53.29	49.54	47.36	43.75	39.31	33.53	28.34	23.45	18.64	13.15	8.87	5.11	3.01	1.88
280.0	58.71	58.03	57.80	57.35	54.95	52.09	50.36	47.81	43.90	39.46	34.35	27.96	22.63	17.14	13.68	8.79	6.54	3.68	2.10
285.0	57.73	57.96	58.63	57.20	54.80	53.52	50.74	48.11	43.15	39.09	34.20	28.49	23.60	19.02	12.70	9.10	7.37	3.46	1.80
290.0	58.26	58.48	57.58	56.75	55.85	53.22	51.57	47.21	44.12	39.76	34.20	29.17	23.38	17.59	12.63	8.79	6.46	3.38	2.18
295.0	58.03	57.43	57.13	55.70	55.62	53.75	50.59	47.43	43.82	39.61	33.53	28.04	22.40	17.74	13.38	9.02	5.86	3.91	2.

# 附錄六 樣品 4 配光曲線實驗數據-光強度數據表

(單位：cd)

C/γ(°)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
0.0	90.50	89.45	88.17	86.07	82.16	78.40	73.82	68.55	63.07	56.90	49.99	42.02	34.28	26.84	19.24	12.48	6.99	3.38	1.43
5.0	90.43	89.38	88.32	85.84	82.99	79.23	74.04	69.31	63.07	56.68	50.06	42.62	34.73	26.76	19.09	12.78	6.84	3.46	1.35
10.0	90.05	89.15	88.17	86.37	83.36	79.23	74.49	69.46	63.89	57.20	49.99	43.00	34.95	27.44	20.15	12.63	7.14	3.46	1.35
15.0	89.75	89.68	88.17	86.44	83.51	79.83	75.62	70.36	64.57	58.93	51.11	43.97	35.63	27.89	20.67	13.46	7.52	3.38	1.50
20.0	89.83	89.45	88.55	86.82	84.34	81.11	76.60	71.86	66.07	60.29	52.99	45.78	37.13	29.09	20.97	14.06	7.97	3.68	1.35
25.0	89.68	89.45	89.15	86.97	84.87	81.48	78.25	73.29	68.33	62.62	54.87	47.21	38.94	30.52	21.87	14.36	8.64	3.61	1.05
30.0	89.68	89.83	88.85	87.35	85.77	82.99	79.38	75.17	70.28	63.74	57.13	49.09	40.44	32.10	23.45	15.64	8.49	3.76	1.13
35.0	89.90	89.53	88.55	87.95	86.07	83.59	81.11	76.30	71.56	65.40	59.01	51.11	42.40	33.60	24.20	15.94	8.49	3.91	0.83
40.0	89.83	89.08	88.77	88.47	87.35	84.94	82.46	77.80	72.76	66.90	60.66	52.47	43.97	34.95	24.73	15.86	9.40	3.83	1.28
45.0	89.68	89.08	89.15	88.77	87.35	85.69	82.84	79.53	74.49	68.40	61.19	53.67	44.65	35.18	25.11	16.54	9.70	4.21	1.05
50.0	89.45	88.85	89.38	89.08	88.40	86.29	83.36	79.75	74.94	68.78	61.64	53.37	45.10	34.50	25.18	16.84	9.55	4.21	1.05
55.0	89.53	88.85	89.68	89.45	88.55	87.12	84.04	80.13	75.17	69.23	62.54	54.72	45.18	35.40	25.33	16.91	10.15	4.43	1.35
60.0	89.00	89.53	89.60	89.90	89.15	87.12	84.79	80.51	75.92	69.76	63.37	54.87	45.48	35.18	25.71	17.14	10.15	3.83	1.28
65.0	89.00	89.83	89.90	89.90	89.38	87.42	84.41	80.36	76.45	69.76	62.99	54.57	45.03	34.35	24.73	17.14	10.07	3.83	1.28
70.0	89.15	89.53	89.98	90.58	89.30	87.57	85.02	81.18	76.07	69.76	63.14	54.72	44.95	34.50	25.18	17.29	9.92	3.68	0.30
75.0	89.83	89.38	89.98	90.95	89.75	87.65	84.94	80.96	76.15	70.06	62.77	54.12	44.27	33.53	24.66	16.54	9.77	3.08	1.05
80.0	89.45	89.53	90.35	91.10	90.13	87.72	84.57	80.96	76.15	69.68	62.92	53.45	43.60	33.15	24.43	16.46	9.25	2.93	0.98
85.0	90.13	89.98	90.43	91.03	89.75	87.87	84.72	79.98	75.39	69.46	62.54	53.07	43.30	32.85	23.75	16.16	9.02	3.01	0.45
90.0	89.98	90.13	90.95	90.73	89.38	88.02	84.79	80.36	75.39	69.08	61.49	52.77	42.70	32.32	23.68	16.16	9.25	3.16	1.05
95.0	89.83	89.98	90.88	90.43	89.90	87.42	84.34	80.13	74.94	68.85	61.41	52.47	42.55	32.40	23.53	15.79	8.72	3.08	1.13
100.0	89.30	90.20	90.50	90.58	89.30	87.57	83.81	80.05	74.72	68.40	61.34	52.17	42.24	31.80	23.60	15.56	8.72	3.08	0.98
105.0	89.75	89.53	89.98	90.43	89.23	86.44	83.74	79.53	74.27	68.40	60.81	52.24	41.87	32.10	23.08	16.16	8.49	3.16	0.90
110.0	89.98	89.00	89.75	89.90	88.77	86.14	83.06	78.78	74.72	67.65	60.51	52.47	42.40	32.17	23.08	15.56	8.64	3.08	1.13
115.0	89.98	89.45	89.53	89.15	88.02	85.84	83.06	78.85	73.59	67.58	60.59	51.79	42.40	31.87	23.60	15.41	8.64	3.31	0.75
120.0	89.53	89.60	89.45	88.77	88.10	84.79	82.46	78.78	73.36	67.05	60.14	51.87	42.24	31.35	23.23	15.48	8.34	3.76	1.20
125.0	89.60	88.62	89.00	88.55	87.50	84.79	81.86	77.57	72.61	66.60	59.91	51.19	41.87	32.02	22.48	15.03	8.49	3.31	0.83
130.0	89.53	89.15	88.70	88.17	86.97	84.64	81.11	76.90	71.64	65.17	58.18	51.11	41.64	31.80	22.33	14.66	8.04	3.08	0.98
135.0	89.60	89.08	88.40	87.27	86.29	83.51	80.43	76.00	70.58	64.65	57.28	49.09	40.59	31.72	22.25	14.28	8.27	3.23	1.28
140.0	89.53	88.85	88.25	87.12	85.32	82.84	79.68	75.02	69.76	63.37	56.30	47.81	39.54	30.89	21.80	13.98	7.37	3.16	1.43
145.0	89.23	88.77	87.95	86.44	84.79	81.33	77.65	73.21	67.88	61.34	54.72	46.60	38.04	30.14	21.27	13.15	7.59	2.56	1.35
150.0	89.90	89.00	87.80	85.62	83.44	80.13	76.30	71.71	66.15	60.21	53.22	45.48	36.16	28.49	20.37	12.63	6.84	2.48	1.28
155.0	89.75	88.47	87.27	85.17	82.99	78.93	74.87	70.21	64.27	58.11	50.89	43.00	35.18	26.68	18.87	11.95	6.46	2.56	1.05
160.0	89.98	88.02	86.59	85.09	82.08	78.48	73.14	68.40	62.47	55.62	48.86	40.59	33.07	25.26	17.97	11.80	5.94	2.33	0.90
165.0	89.60	88.62	86.90	84.34	80.96	76.90	72.46	66.98	60.66	53.97	47.06	39.61	32.10	24.43	16.69	10.52	6.09	2.93	1.35
170.0	89.68	88.92	86.44	83.81	80.51	76.52	70.96	65.55	59.61	52.77	45.85	38.41	30.74	23.30	15.94	10.37	5.64	2.41	1.05
175.0	89.45	88.92	86.67	83.29	80.51	75.70	71.03	65.25	59.08	52.62	44.88	37.89	30.37	23.30	16.31	10.30	5.26	2.33	1.20
180.0	89.00	88.10	86.52	84.04	79.98	75.54	70.36	64.87	58.78	52.09	44.95	37.58	30.44	23.00	16.24	10.60	5.26	3.08	1.13
185.0	89.75	88.62	86.97	83.59	80.05	75.62	70.36	64.65	58.93	52.24	45.25	37.96	30.52	23.08	16.01	10.30	5.26	2.86	1.05
190.0	90.13	88.40	86.90	84.04	80.43	76.15	71.34	65.40	59.46	52.84	46.00	38.64	31.20	23.60	16.24	10.52	5.56	3.01	1.43
195.0	89.53	88.25	85.99	83.89	80.73	77.27	71.71	66.22	60.66	53.90	47.13	39.69	31.65	24.13	17.51	10.97	6.01	2.71	1.35
200.0	89.60	88.62	86.44	84.26	81.56	77.80	73.44	68.18	62.09	55.62	48.18	40.82	33.60	25.03	18.49	12.03	6.77	3.01	1.13
205.0	89.98	88.55	86.67	85.39	82.54	79.38	75.09	70.28	64.12	57.58	50.74	43.00	35.18	27.14	19.54	12.48	7.14	3.38	1.05
210.0	89.60	88.47	87.35	85.77	83.51	80.43	76.37	72.09	66.30	60.89	53.07	45.78	37.21	28.86	21.42	13.61	7.89	3.23	1.13
215.0	89.90	88.62	87.50	86.44	85.17	81.93	78.40	74.12	69.08	62.69	55.40	48.11	39.54	30.89	22.02	14.13	8.27	3.61	1.28
220.0	90.05	88.47	88.32	87.50	85.84	82.69	79.23	75.32	70.36	64.49	57.20	49.46	41.72	32.62	23.75	14.96	8.79	3.76	0.98
225.0	89.23	88.62	88.77	87.95	86.52	83.81	80.66	76.37	71.71	65.47	58.93	51.11	42.47	33.60	24.20	15.79	8.64	3.38	1.73
230.0	89.38	89.08	88.70	88.70	87.42	84.87	81.93	77.72	72.46	66.90	59.76	51.87	43.90	34.58	24.66	16.24	9.25	4.13	0.90
235.0	90.05	89.53	89.15	89.00	88.25	85.62	82.46	78.70	73.82	67.73	60.51	53.29	43.97	33.98	24.88	16.76	10.37	4.51	1.20
240.0	89.98	89.23	89.45	89.45	87.95	86.07	83.06	78.63	73.97	68.40	61.49	53.90	44.27	34.13	25.03	17.21	10.07	4.36	0.60
245.0	89.60	89.08	90.13	90.28	88.55	86.22	83.44	79.68	74.49	69.16	62.39	54.87	44.65	34.35	25.03	17.14	10.37	4.06	1.13
250.0	89.38	89.60	90.50	90.88	89.45	86.90	83.81	79.98	75.24	69.46	62.47	54.65	44.58	34.35	25.48	17.51	10.07	4.43	1.20
255.0	90.05	89.83	91.18	91.18	89.45	87.27	83.81	80.43	75.17	70.21	62.77	54.80	44.73	34.58	25.41	17.82	10.15	4.43	1.05
260.0	89.45	90.35	91.33	91.26	89.90	87.72	84.41	80.51	76.52	70.36	63.52	54.80	45.18	34.80	25.56	17.82	10.15	4.21	0.98
265.0	90.20	90.05	91.86	91.86	90.88	88.40	85.24	81.56	76.07	69.76	63.74	54.57	44.42	34.43	25.33	18.12	10.75	4.36	1.13
270.0	90.20	90.28	91.93	91.93	90.65	88.25	84.94	81.33	76.22	70.81	63.44	55.32	45.40	35.18	26.16	18.12	10.82	4.21	0.83
275.0	90.43	89.90	91.48	91.78	90.80	88.25	85.17	81.48	76.67	70.96	63.89	55.70	45.33	35.33	25.63	17.74	10.52	4.43	1.13
280.0	89.90	90.20	91.10	92.01	90.73	88.25	85.32	81.03	76.30	71.26	64.12	56.30	46.00	35.48	26.23	18.64	11.20	4.51	0.60
285.0	89.90	89.98	91.41	91.63	90.95	88.32	85.62	81.48	76.45	71.26	64.34	56.45	46.08	36.16	26.38	18.04	10.90	4.66	0.90
290.0	90.05	89.75	91.26	91.86	90.43	88.55	85.62	81.26	76.90	71.18	64.72	56.60	47.06	36.38	26.53	18.49	10.82	4.51	0.98
295.0	90.13	90.20	91.10	91.86	90.20	88.32	85.24	81.11	77.65	71.86	64.27								

# 附錄七 樣品 5 配光曲線實驗數據-光強度數據表

(單位：cd)

C/γ(°)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
0.0	31.65	31.72	30.97	30.52	29.99	28.71	27.36	25.11	23.53	21.35	18.42	14.66	12.18	9.17	6.39	4.28	2.63	1.35	0.08
5.0	31.35	31.35	30.89	30.14	29.84	28.79	27.44	25.56	22.93	20.97	17.66	14.73	11.95	9.17	6.16	4.28	2.86	1.73	0.15
10.0	31.35	31.27	30.67	30.59	30.37	28.86	27.51	25.78	23.30	20.67	18.49	14.88	11.50	9.02	6.54	3.98	2.26	1.28	0.75
15.0	31.50	31.27	31.27	30.22	29.47	28.79	27.29	25.56	23.53	20.90	17.97	14.96	11.28	8.42	6.31	4.28	2.93	1.58	0.90
20.0	31.65	31.72	31.27	30.59	29.92	28.71	27.44	25.41	23.98	20.67	17.44	14.43	11.43	8.34	6.39	4.13	2.48	1.73	0.38
25.0	31.65	31.80	30.59	30.14	29.54	28.49	27.06	25.33	23.23	21.72	17.51	14.43	11.43	8.72	6.24	3.76	2.18	1.35	0.53
30.0	31.42	31.95	31.57	30.89	29.77	28.56	26.99	25.63	23.15	20.52	17.89	14.36	11.43	8.27	6.01	4.66	1.88	0.90	0.23
35.0	30.82	31.12	31.80	30.52	29.54	28.49	27.51	25.33	22.85	20.45	17.44	13.91	11.43	8.57	5.79	4.13	2.03	1.20	0.90
40.0	31.12	31.72	30.89	30.07	30.22	28.56	26.84	25.78	22.55	20.75	17.36	13.98	11.05	8.42	5.79	3.91	2.10	1.13	0.45
45.0	31.35	31.50	30.97	30.74	30.22	28.71	27.14	25.63	22.40	19.99	17.51	13.61	11.05	8.27	6.24	3.91	2.18	0.98	0.53
50.0	31.27	31.87	30.67	30.44	29.84	28.71	26.99	24.73	22.93	20.07	17.29	14.21	11.35	8.34	5.56	3.91	2.26	0.83	0.90
55.0	31.20	30.89	31.04	30.22	29.17	28.26	26.91	24.73	22.63	20.22	17.51	13.98	10.75	8.34	5.26	3.98	2.18	1.20	0.45
60.0	30.97	31.87	31.42	30.14	29.77	28.49	26.99	24.96	22.70	20.22	17.59	13.61	10.67	8.34	5.49	3.98	1.88	0.83	0.98
65.0	31.42	30.97	30.97	30.82	29.02	28.49	26.76	24.73	22.63	20.07	16.54	13.91	10.52	8.12	5.41	3.46	1.80	1.50	0.30
70.0	31.12	31.27	30.82	30.67	29.47	27.89	26.84	25.03	22.40	19.62	16.46	13.83	11.13	8.27	5.26	3.76	1.88	1.20	0.83
75.0	31.20	31.42	30.59	30.44	29.54	28.26	26.38	25.11	22.63	19.77	16.84	13.68	10.37	8.49	5.64	3.83	1.80	1.13	0.60
80.0	31.35	31.20	31.65	30.52	29.84	28.71	26.16	24.81	22.48	19.69	16.31	13.23	10.52	7.59	6.01	3.38	1.65	0.60	0.98
85.0	31.12	31.12	31.12	30.22	29.47	28.56	26.68	24.88	22.63	19.77	16.54	13.61	10.30	7.82	5.56	3.31	2.18	1.13	0.23
90.0	31.20	31.57	31.27	30.74	29.39	28.64	26.76	24.58	22.33	19.69	16.46	13.23	10.00	7.97	5.64	3.68	2.41	1.20	0.90
95.0	31.12	31.20	31.27	30.74	29.47	28.56	26.53	24.66	22.63	19.32	16.76	13.38	10.45	7.82	5.41	3.16	1.95	0.75	0.68
100.0	30.97	31.50	31.12	30.52	29.32	28.26	26.84	24.43	22.02	19.47	16.61	13.38	10.37	7.74	5.41	3.31	1.95	0.45	0.60
105.0	31.42	30.97	31.27	30.29	29.09	28.71	26.46	24.66	22.10	19.47	16.46	13.98	10.37	7.82	5.19	3.38	1.73	1.20	0.98
110.0	31.27	30.82	31.50	30.22	29.09	28.11	26.31	24.66	22.10	18.94	16.24	13.30	10.52	6.92	5.64	3.61	2.10	0.75	0.90
115.0	31.12	30.97	30.97	29.99	29.17	28.41	26.61	24.05	21.87	19.62	16.24	13.23	10.00	8.27	5.19	3.68	2.26	0.68	0.75
120.0	31.65	31.04	31.04	30.59	29.02	28.34	25.93	24.66	22.17	19.02	15.94	13.08	10.15	7.14	5.19	3.61	2.03	0.90	1.05
125.0	31.50	31.57	31.12	30.74	29.54	27.74	26.01	24.51	22.33	19.32	15.86	13.08	10.07	8.04	5.71	3.23	2.26	0.38	0.75
130.0	31.20	31.57	31.20	30.89	29.47	27.74	26.38	24.35	22.17	19.54	16.31	13.15	10.22	7.59	5.41	3.53	1.95	0.68	0.60
135.0	31.42	31.57	30.97	30.22	29.24	28.11	26.61	24.73	22.17	19.24	16.54	12.93	10.52	7.44	5.19	3.31	1.80	0.53	0.45
140.0	31.27	31.27	30.89	30.59	29.02	28.26	26.23	24.35	21.80	19.54	16.39	13.38	10.30	7.59	5.49	3.16	1.80	0.90	0.30
145.0	31.42	31.50	31.65	30.37	29.17	28.04	26.61	24.81	21.57	19.32	15.86	13.15	10.07	7.44	5.56	3.83	2.03	1.28	0.45
150.0	31.27	31.80	31.50	29.99	29.84	28.26	26.84	24.13	21.57	19.32	16.46	13.53	10.30	7.67	5.64	3.23	1.73	0.38	0.45
155.0	31.12	31.20	31.65	31.12	29.17	28.56	26.46	24.43	22.48	19.17	17.21	13.38	10.52	7.74	5.34	3.01	1.80	0.98	0.53
160.0	31.65	31.72	30.52	30.44	29.77	28.11	26.91	24.96	22.02	19.32	16.39	13.15	10.45	7.97	5.64	3.46	1.95	0.83	0.23
165.0	31.50	31.87	31.35	30.29	29.62	27.96	26.53	24.35	22.55	19.54	16.54	13.38	10.37	7.59	5.49	3.38	2.26	0.60	0.83
170.0	31.35	31.20	31.50	30.37	29.17	28.34	26.23	24.35	22.25	19.77	16.76	13.30	10.45	7.82	5.56	3.83	2.26	0.83	0.45
175.0	31.04	31.35	31.12	30.67	29.69	28.71	26.68	24.51	22.33	19.32	16.76	13.15	10.52	7.82	5.71	3.83	1.65	0.98	0.38
180.0	31.50	31.12	30.97	30.74	29.32	27.81	26.23	24.43	22.33	19.24	16.31	13.61	10.75	8.57	5.79	3.76	2.10	0.83	0.45
185.0	31.80	31.12	30.59	30.74	29.69	27.81	26.99	24.73	22.63	19.54	16.69	13.91	10.60	7.97	5.64	3.23	1.58	0.90	0.38
190.0	31.20	31.50	31.65	30.44	29.47	28.49	27.06	24.81	22.63	19.77	16.54	13.61	10.97	8.34	5.86	4.28	2.26	0.83	0.90
195.0	31.50	31.65	31.04	30.59	29.54	28.64	26.91	24.88	22.40	19.69	17.06	14.28	10.60	8.27	6.09	3.83	2.10	0.90	0.75
200.0	31.20	31.42	31.80	30.52	29.32	28.94	27.21	24.88	22.70	20.22	17.29	13.68	10.97	7.89	6.16	3.68	2.18	1.05	0.90
205.0	31.42	31.65	31.35	30.89	29.99	29.09	26.84	25.33	22.70	19.92	17.36	13.83	11.05	8.79	5.79	4.13	1.88	1.58	0.08
210.0	31.04	31.72	30.82	30.52	29.84	28.56	26.61	24.88	22.48	19.92	16.69	14.06	11.05	8.27	6.84	3.46	2.18	0.45	0.83
215.0	31.65	31.72	30.74	30.89	29.77	28.34	27.51	25.18	22.48	20.15	16.99	13.83	10.97	8.57	6.16	4.13	2.48	0.90	0.45
220.0	31.20	31.35	31.50	30.22	30.07	28.56	26.99	25.33	22.63	20.22	16.91	14.51	11.35	8.64	6.01	3.61	2.48	0.98	0.53
225.0	31.27	31.42	31.35	30.29	28.19	26.84	24.81	22.40	20.30	17.14	14.28	11.20	8.49	6.24	4.06	2.48	1.65	1.65	0.45
230.0	31.04	31.42	31.27	30.52	29.77	28.56	27.14	24.88	22.78	20.22	17.21	14.36	11.35	8.12	6.09	3.83	2.33	0.98	0.60
235.0	31.50	31.65	31.12	30.82	29.69	28.79	26.99	25.11	22.78	19.99	17.36	14.21	11.50	8.64	6.61	4.28	2.48	1.65	1.20
240.0	31.27	31.87	31.27	30.44	29.69	28.34	27.36	24.88	22.78	20.22	16.91	14.28	10.97	8.79	6.09	4.59	2.86	1.13	0.75
245.0	31.72	31.65	31.04	30.74	29.47	28.11	27.21	24.96	22.48	19.84	17.21	14.81	11.80	9.02	6.92	4.21	2.78	1.35	0.53
250.0	31.57	31.57	31.20	31.04	30.14	28.49	27.14	24.96	22.85	20.07	17.51	14.73	11.58	8.72	6.61	4.51	2.86	1.13	0.83
255.0	31.42	31.57	30.97	30.89	29.54	28.41	27.29	24.88	22.70	20.82	17.97	14.81	11.65	9.10	6.39	4.36	2.63	1.35	0.60
260.0	31.80	31.72	31.04	30.82	29.32	28.34	27.06	25.26	23.30	20.22	17.44	14.66	11.43	9.17	6.54	4.59	2.71	0.98	0.53
265.0	31.72	31.65	31.35	30.82	29.77	28.56	26.76	25.26	22.93	20.22	17.74	14.58	11.80	9.10	6.31	4.96	2.48	1.28	0.68
270.0	30.89	31.65	31.20	31.04	30.14	28.71	26.61	25.33	23.08	20.75	17.89	14.66	12.63	9.17	6.54	4.28	2.10	1.20	0.75
275.0	30.97	31.87	31.12	31.35	30.37	28.64	27.14	25.11	23.45	21.27	17.74	14.51	12.48	9.25	6.24	4.89	2.93	1.58	0.60
280.0	32.02	31.57	31.04	30.89	30.14	29.02	27.21	25.78	23.30	20.37	17.74	14.66	11.80	9.40	6.77	4.59	2.78	1.58	0.60
285.0	31.04	31.87	31.50	30.97	30.07	28.64	26.68	24.96	23.15	20.07	17.59	14.58	11.80	9.32	6.92	4.43	2.78	1.35	0.90
290.0	31.12	31.95	31.57	31.12	30.37	28.86	26.91	25.11	22.93	20.15	18.27	14.88	11.80	8.95	6.54	4.51	2.41	1.20	0.38
295.0	31.50	31.50	31.04	30.82	30.14	28.94	26.84	25.03	23.00	21.05	17.89	15.41	11.88	8.87	6.92	4.36	2.71	1.13	0.38
300.0	31.42	31.42	31.50	30.74	30.22	28.79	26.84	24.96	23.90	20.82	1								

# 附錄八 樣品 6 配光曲線實驗數據-光強度數據表

(單位：cd)

C/γ(°)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
0.0	43.22	43.22	41.94	40.74	39.31	37.66	35.10	32.62	29.69	26.84	23.68	20.30	16.54	12.40	9.25	6.09	3.76	2.33	1.28
5.0	42.77	42.55	42.09	41.12	39.84	37.13	35.40	33.00	30.22	26.76	23.60	20.45	16.39	12.48	9.47	6.31	3.68	1.88	0.68
10.0	42.62	43.00	41.79	41.42	39.69	37.96	35.40	33.75	30.44	27.44	23.98	20.22	16.91	12.78	9.47	5.94	3.23	2.03	1.43
15.0	42.47	42.24	42.32	41.27	40.07	38.34	36.31	33.60	30.89	28.41	24.81	20.75	17.06	13.15	9.32	6.16	3.23	2.18	0.45
20.0	42.62	42.55	42.09	42.02	40.52	38.94	36.91	34.73	32.02	29.17	25.63	20.97	17.14	13.68	9.85	6.69	3.91	1.80	0.83
25.0	42.85	43.00	42.62	42.02	40.89	40.14	37.81	35.55	32.85	29.99	26.16	22.02	18.19	14.13	10.37	6.61	3.83	2.10	1.20
30.0	42.47	42.40	42.70	42.17	41.34	40.59	38.56	36.16	33.07	30.52	26.46	23.00	18.72	14.73	10.82	6.84	4.36	1.95	1.20
35.0	42.55	42.85	43.22	42.40	41.94	40.59	38.71	36.01	34.05	30.59	27.51	24.28	19.77	15.11	10.97	7.22	4.06	1.80	0.83
40.0	42.70	42.55	42.77	43.07	42.32	40.74	39.84	37.21	34.20	30.97	27.89	24.58	19.77	15.48	11.43	7.22	3.91	1.80	0.90
45.0	42.62	42.55	43.37	43.30	42.85	41.79	39.61	37.58	34.35	31.65	28.56	25.03	20.52	15.71	11.43	6.39	4.28	2.03	0.53
50.0	42.02	43.15	43.30	43.22	43.00	42.02	39.99	37.66	34.58	31.95	28.49	25.33	19.99	15.71	11.50	7.37	4.13	1.43	0.98
55.0	42.92	42.40	43.52	43.67	43.22	41.72	40.14	37.43	34.35	32.17	29.17	24.88	20.60	15.71	11.50	7.07	4.36	1.65	0.90
60.0	42.47	42.85	43.82	43.90	42.85	41.72	40.14	37.51	34.88	32.40	28.49	25.48	20.45	15.79	11.50	7.74	4.21	1.58	0.53
65.0	42.47	42.70	43.60	44.12	42.85	42.09	40.29	37.43	34.80	32.47	28.94	25.18	20.45	15.41	11.13	7.14	4.06	1.95	0.45
70.0	42.40	43.37	43.75	44.42	43.22	42.17	40.14	37.96	35.33	32.47	28.86	24.58	20.52	15.56	10.60	6.99	4.59	1.43	1.58
75.0	42.62	42.85	43.52	44.20	43.82	42.32	39.69	37.36	35.40	32.47	28.86	24.96	19.84	15.11	10.67	7.22	3.76	1.50	0.83
80.0	42.55	43.15	43.67	44.27	43.45	41.79	39.69	37.58	35.10	32.10	28.79	24.28	19.84	15.26	11.05	7.22	3.38	1.13	0.75
85.0	42.70	43.37	43.75	43.97	43.37	41.87	39.39	37.89	35.33	32.40	28.56	24.13	19.69	15.03	10.90	6.99	3.46	0.68	0.83
90.0	42.09	43.45	44.12	44.65	43.52	41.87	39.54	37.43	34.88	32.17	28.64	24.73	19.24	14.88	10.75	6.92	3.91	0.90	0.60
95.0	42.47	43.07	43.82	44.35	43.22	42.24	40.07	37.21	35.10	32.47	28.64	24.66	19.17	14.88	10.30	7.29	3.38	0.98	0.68
100.0	42.77	43.15	43.82	44.12	43.67	42.24	39.76	37.28	35.10	32.40	28.64	23.98	19.47	14.43	10.67	6.69	3.98	1.43	0.68
105.0	42.09	43.07	43.90	44.35	43.45	42.02	39.69	37.21	34.95	31.65	28.71	23.90	19.09	14.28	10.37	6.46	3.46	1.28	0.83
110.0	43.00	42.77	44.05	44.12	43.67	41.42	39.54	37.21	34.50	31.57	28.64	24.20	19.69	14.58	10.22	6.92	3.53	0.90	0.90
115.0	42.85	43.30	43.82	43.60	43.07	41.87	39.39	36.98	34.50	31.80	28.04	24.20	19.09	14.96	10.60	6.39	3.91	1.20	0.68
120.0	42.62	42.77	43.37	43.52	43.07	42.02	39.69	36.76	34.50	31.27	27.81	23.68	19.47	14.73	10.22	6.61	3.38	1.20	0.38
125.0	42.85	42.55	43.30	43.45	42.62	41.57	39.39	36.53	34.05	31.12	28.04	23.60	19.17	14.36	10.15	6.61	3.83	1.65	0.45
130.0	42.70	42.85	43.30	42.77	42.02	41.27	39.24	37.13	33.75	30.74	27.36	23.53	18.87	14.58	10.15	6.61	3.76	1.05	0.83
135.0	42.85	42.70	42.85	43.07	41.79	40.97	38.64	36.53	33.60	30.07	27.21	23.23	18.72	14.28	10.00	6.54	3.38	0.90	0.98
140.0	42.85	42.77	42.77	43.22	41.87	40.89	38.79	36.46	33.60	30.22	26.38	22.70	18.87	14.43	10.07	6.46	3.91	1.28	0.83
145.0	42.85	42.32	42.62	42.40	41.04	40.29	38.41	35.18	32.77	29.24	25.78	21.65	17.97	13.91	9.55	5.56	2.86	1.28	0.90
150.0	42.85	42.32	42.32	41.87	40.74	39.76	37.81	34.88	31.95	29.02	25.18	21.27	16.91	13.00	9.17	5.94	2.78	1.20	0.30
155.0	43.22	42.32	42.47	40.97	40.44	38.94	36.38	34.50	31.35	28.11	24.66	20.22	16.24	12.70	8.57	5.56	3.53	1.65	1.28
160.0	42.85	42.47	41.72	40.89	40.22	37.89	36.01	33.45	30.29	27.21	23.68	19.69	15.86	11.88	7.89	5.79	3.01	1.28	0.60
165.0	43.15	41.94	42.24	40.67	39.24	37.96	34.95	32.55	29.54	26.23	22.93	18.94	14.88	11.28	7.97	5.04	3.01	2.33	0.60
170.0	42.47	42.70	41.87	40.37	39.46	37.28	35.03	31.72	29.09	25.86	22.63	18.49	14.96	11.80	7.67	5.04	2.86	1.58	0.68
175.0	42.47	42.55	41.42	40.82	38.86	36.53	34.43	31.35	28.34	25.48	21.80	18.49	14.58	11.28	7.44	5.11	2.48	2.03	0.90
180.0	42.40	42.17	41.94	40.89	38.64	36.23	34.20	31.42	28.56	25.41	22.10	18.27	14.88	11.43	7.67	5.19	2.93	1.88	0.83
185.0	42.32	42.17	41.72	40.67	38.34	36.91	34.05	31.35	28.79	25.56	22.40	19.09	15.11	11.13	8.12	5.04	3.08	1.43	0.60
190.0	42.55	42.02	40.97	40.52	38.94	36.46	34.20	32.32	29.39	25.78	22.70	19.09	15.11	11.50	8.49	5.41	2.93	1.65	1.13
195.0	42.70	42.02	41.34	40.37	38.86	36.91	34.65	31.80	29.69	26.23	23.53	19.84	16.01	12.55	8.72	5.71	3.31	1.73	0.38
200.0	42.85	42.24	41.79	40.29	39.24	37.51	35.86	33.53	30.67	27.44	24.35	20.37	16.46	12.85	9.55	6.01	2.93	1.58	1.35
205.0	43.15	42.32	41.87	40.82	39.76	38.26	36.68	34.65	32.17	28.49	25.56	21.65	17.82	13.38	9.70	6.61	3.61	2.10	0.90
210.0	42.62	41.87	41.49	41.12	40.07	39.09	37.51	35.18	32.47	29.54	26.84	23.30	18.79	15.03	10.75	7.67	3.98	2.18	0.75
215.0	42.40	42.09	42.09	41.64	41.12	39.76	38.86	36.01	33.83	31.12	28.41	23.98	20.22	16.09	12.03	8.57	4.59	2.41	1.28
220.0	42.40	42.47	42.70	42.09	41.34	40.89	39.31	37.43	35.63	31.87	29.47	25.18	21.42	17.59	12.55	8.19	5.04	2.63	0.68
225.0	42.92	42.09	42.02	42.40	42.32	41.04	40.29	38.41	35.93	33.30	29.69	25.86	21.50	18.04	13.00	8.79	5.11	2.93	1.58
230.0	43.00	42.17	42.85	42.47	42.47	42.09	40.52	38.49	36.01	33.75	30.29	26.46	22.25	17.97	13.08	9.02	5.79	2.63	0.68
235.0	42.24	42.32	42.77	42.85	43.00	42.47	40.89	39.24	37.06	34.50	31.12	27.66	23.23	18.42	13.38	9.62	5.94	2.93	0.98
240.0	42.09	42.47	43.07	43.67	43.30	42.17	41.64	39.69	37.28	34.58	31.04	27.74	23.45	19.17	13.83	9.62	6.16	3.16	1.13
245.0	42.77	42.17	43.67	43.60	43.45	42.62	41.42	39.99	37.58	34.73	31.57	28.19	23.68	18.72	13.91	9.55	6.16	3.46	1.43
250.0	42.09	42.40	43.52	44.05	43.67	43.15	41.64	39.69	37.73	34.88	31.95	28.34	23.75	18.87	14.36	10.30	5.79	2.93	1.05
255.0	42.92	42.55	43.15	44.05	44.12	43.15	41.72	40.44	38.04	35.03	32.62	28.49	23.75	18.79	14.21	10.52	6.16	2.86	0.45
260.0	42.40	42.55	43.60	43.97	44.12	43.00	41.72	40.37	38.26	35.25	32.25	28.94	23.98	18.64	14.28	10.15	6.84	3.08	1.20
265.0	42.24	42.40	43.22	44.20	44.58	43.82	42.09	40.14	38.11	34.95	32.55	28.94	23.75	18.94	14.13	10.15	6.31	3.61	0.98
270.0	42.92	43.07	44.12	44.35	44.58	43.37	42.09	40.44	38.04	35.48	32.77	28.64	24.28	18.87	14.36	10.22	6.54	3.16	1.35
275.0	42.92	42.55	43.75	44.05	44.65	43.60	42.32	40.59	37.89	35.93	32.17	28.86	24.81	19.02	15.03	10.45	7.22	3.31	1.73
280.0	42.77	42.77	43.67	44.27	44.20	43.30	42.24	40.44	38.19	35.25	32.55	28.64	24.43	19.17	14.51	10.37	7.07	3.31	1.20
285.0	42.62	42.70	43.60	44.27	44.05	43.45	41.79	40.52	38.04	35.63	32.10	28.86	24.73	19.47	14.73	10.37	7.29	2.71	1.65
290.0	42.85	42.70	43.45	44.12	44.27	43.37	42.17	40.59	38.19	35.55	32.70	29.02	24.05	19.54	14.81	10.37	6.84	3.53	0.75
295.0	42.70	42.47	43.07	43.75	43.82	42.24	40.74	38.19	35.86	32.32	29.17	24.73	19.77	15.26	10.67	6.77	3.53	0.68	0.68

# 附錄九 樣品 7-1 配光曲線實驗數據-光強度數據表

(單位：cd)

C/γ(°)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
0.0	64.57	64.95	65.17	65.17	63.52	62.01	59.16	56.23	53.90	48.71	44.73	38.41	35.18	27.96	22.25	16.24	11.65	6.61	2.41
5.0	65.25	64.57	65.02	64.87	64.04	62.39	60.14	56.15	53.37	49.69	44.88	40.07	34.95	28.71	23.75	17.06	13.00	8.72	5.86
10.0	65.62	65.55	65.55	65.02	63.29	62.99	60.51	57.28	53.67	49.16	46.23	40.97	35.93	30.37	25.63	21.12	16.46	12.33	6.61
15.0	66.00	65.62	65.55	65.47	62.99	62.69	61.04	58.11	55.47	51.49	46.76	43.00	38.26	33.22	29.84	24.81	19.69	14.36	10.45
20.0	63.82	64.65	65.70	65.77	64.49	63.59	61.11	59.16	55.93	52.39	49.09	44.80	40.44	35.25	32.32	28.04	22.85	18.79	13.76
25.0	65.32	64.80	65.40	65.77	65.02	64.27	61.56	58.78	56.98	54.05	50.81	47.58	42.62	39.09	35.25	31.57	27.81	21.12	18.57
30.0	64.34	63.82	66.22	66.83	64.80	63.97	62.47	61.26	58.71	56.23	52.84	49.84	44.58	42.02	39.01	36.01	30.07	25.26	22.78
35.0	65.55	64.95	65.92	66.30	65.70	65.55	63.59	63.44	59.31	58.11	55.17	51.34	48.11	45.40	41.94	38.64	33.45	28.64	26.76
40.0	64.34	65.85	65.62	66.15	65.10	65.47	64.04	63.59	61.26	58.41	55.55	54.35	50.06	48.18	45.55	41.57	35.93	31.80	29.62
45.0	65.25	64.42	65.77	66.60	66.75	66.15	64.72	64.12	62.01	60.21	58.18	55.40	52.62	51.57	47.88	45.10	39.84	35.55	32.10
50.0	64.04	65.40	65.55	66.67	66.98	67.73	66.22	65.32	63.82	62.01	60.51	58.78	56.30	54.50	51.34	47.43	42.09	38.26	35.78
55.0	65.40	64.80	66.67	66.75	66.67	67.73	66.83	65.40	64.27	63.37	62.01	61.34	58.26	56.38	53.82	48.78	44.50	41.19	37.81
60.0	64.72	63.74	65.47	68.10	67.13	67.88	66.75	66.37	66.22	63.89	63.82	61.19	61.11	57.50	56.38	51.72	47.36	44.35	42.85
65.0	65.40	65.17	65.25	69.01	68.03	67.88	67.28	66.90	66.45	65.77	64.65	63.89	63.37	60.81	57.13	53.37	50.36	47.43	43.97
70.0	65.77	64.72	67.20	67.80	68.55	68.70	69.08	68.33	67.35	65.40	65.32	64.65	64.80	62.01	58.93	55.62	51.42	48.78	44.88
75.0	66.98	65.32	65.55	68.25	68.70	70.96	68.93	69.38	68.70	67.95	66.98	66.37	64.04	63.82	59.83	56.53	53.14	47.73	47.66
80.0	65.55	64.87	66.52	67.73	68.93	69.38	69.23	69.23	67.88	68.25	66.22	67.13	65.55	64.72	60.74	56.08	53.45	49.61	48.41
85.0	65.40	64.57	66.52	68.10	68.70	69.01	70.21	68.40	69.31	67.73	68.03	67.43	66.22	63.29	61.64	56.98	53.45	49.31	49.16
90.0	64.49	66.07	65.47	67.88	67.88	70.66	69.23	68.85	69.46	68.25	66.00	66.30	64.80	64.04	61.19	56.45	53.37	51.19	49.54
95.0	65.62	64.87	67.13	67.80	67.43	68.25	67.95	69.23	68.10	66.83	67.05	66.30	66.00	63.29	60.66	57.58	53.14	49.84	49.24
100.0	65.70	65.62	66.15	66.30	67.20	68.48	68.10	67.95	67.28	65.70	66.07	65.85	63.74	62.47	60.96	56.38	51.34	49.01	49.01
105.0	65.32	64.12	65.77	67.28	67.65	68.78	67.88	66.60	66.98	65.40	64.34	64.65	63.74	61.86	57.96	53.82	51.11	48.03	46.38
110.0	65.92	65.40	65.32	66.30	67.43	66.75	66.00	66.37	65.32	64.65	63.44	63.22	62.24	58.78	56.30	52.84	49.61	46.83	45.25
115.0	65.10	64.12	65.85	66.83	67.20	66.52	66.98	66.45	64.04	63.89	61.26	61.64	59.91	57.13	54.65	51.57	47.73	44.20	42.47
120.0	64.57	64.95	66.00	65.40	66.15	66.60	66.15	64.65	61.71	62.16	60.29	59.68	57.28	54.57	52.54	47.73	44.58	42.40	40.82
125.0	65.47	65.25	65.47	66.15	66.30	66.07	63.37	62.84	61.79	60.36	57.43	56.30	55.47	52.92	49.24	45.55	40.89	39.46	37.81
130.0	63.97	64.34	64.27	65.32	64.72	65.47	62.92	62.01	59.08	57.20	56.53	54.35	52.54	50.29	46.53	42.55	37.28	35.55	34.35
135.0	64.57	64.49	64.49	65.32	64.95	63.59	62.16	61.79	57.50	56.23	54.05	50.59	49.84	46.15	43.97	39.99	33.98	32.55	32.25
140.0	66.15	63.29	63.82	65.77	63.89	62.39	62.62	58.11	56.38	54.72	50.81	50.14	46.38	43.00	39.01	35.93	31.35	29.47	28.26
145.0	64.34	63.67	65.40	64.42	63.52	62.09	59.61	57.96	56.30	52.69	50.51	46.83	43.22	39.76	36.16	32.02	27.44	24.96	22.93
150.0	65.47	64.27	64.34	64.34	62.47	60.96	58.41	56.75	53.22	50.51	48.11	44.80	39.69	36.98	33.98	28.56	23.68	20.60	20.90
155.0	65.25	63.67	63.44	64.42	63.29	60.14	57.73	54.57	52.24	48.78	45.40	41.94	38.64	33.68	29.22	25.56	19.92	18.27	17.51
160.0	65.10	64.87	63.89	64.80	63.37	60.36	56.98	55.17	50.44	46.08	42.77	39.39	33.83	29.99	26.23	22.85	17.82	13.23	12.63
165.0	64.42	63.89	63.74	62.01	62.16	59.53	57.50	53.60	49.01	45.70	40.29	36.38	31.57	27.14	22.63	18.49	14.13	10.75	9.17
170.0	65.10	63.89	64.65	63.59	62.16	58.56	56.38	52.24	48.26	45.10	39.91	34.28	29.02	24.96	20.82	14.58	10.37	6.92	7.07
175.0	64.42	64.72	63.89	62.92	60.21	57.50	55.55	50.36	47.96	43.60	38.26	33.68	28.41	22.70	17.97	12.18	6.99	4.21	3.01
180.0	64.87	63.97	65.32	64.04	62.09	58.48	55.17	52.09	47.96	43.52	37.51	32.47	27.51	22.55	16.09	10.30	5.19	3.53	2.56
185.0	62.99	64.04	62.16	63.74	61.79	57.80	56.08	51.79	48.33	44.35	38.79	33.75	28.71	24.20	17.97	12.25	8.72	4.36	2.56
190.0	62.32	63.52	64.27	62.24	60.89	59.68	56.83	53.14	48.93	45.10	40.82	35.63	31.27	26.23	21.95	16.46	10.60	7.44	5.71
195.0	62.99	63.82	64.27	62.77	61.79	60.29	57.05	54.20	50.74	46.53	42.17	37.66	32.77	28.04	23.00	19.47	13.83	9.92	10.37
200.0	63.97	64.42	64.19	62.92	61.19	60.96	58.41	54.72	51.79	48.18	43.90	39.16	35.25	31.04	26.46	22.78	16.91	13.00	14.21
205.0	63.07	65.47	63.29	63.97	62.84	62.54	59.23	56.68	52.39	50.59	45.55	42.24	38.64	34.58	30.89	25.11	20.15	17.82	18.19
210.0	63.82	63.59	65.02	63.89	62.39	62.92	59.83	57.43	54.42	52.24	48.26	44.88	41.79	37.81	34.35	29.02	23.68	21.65	21.65
215.0	62.39	64.19	64.12	64.95	64.27	63.14	61.79	60.36	56.15	53.67	50.59	49.09	44.95	41.04	38.26	32.10	28.19	25.18	26.01
220.0	63.59	64.42	64.95	66.30	64.87	63.22	62.84	59.53	57.88	54.95	54.35	50.06	48.41	44.35	40.22	34.05	31.57	29.24	29.47
225.0	63.44	65.10	64.72	66.00	64.57	65.02	63.07	63.22	59.98	57.58	55.10	52.62	50.21	47.51	42.32	38.11	35.18	32.92	32.47
230.0	63.22	64.57	65.92	66.37	66.37	67.20	65.85	61.79	60.89	59.61	58.18	56.68	52.77	48.78	45.85	41.04	38.71	35.10	36.46
235.0	63.97	64.49	64.95	66.67	67.28	67.43	65.85	64.19	63.07	61.34	60.14	58.03	55.70	52.17	48.63	44.05	41.19	39.61	38.11
240.0	63.59	65.10	66.15	66.15	66.45	67.80	66.07	65.47	63.82	62.62	60.51	58.93	57.73	54.35	51.34	48.11	43.00	42.17	41.72
245.0	63.22	65.10	65.25	66.67	67.43	68.25	67.58	65.40	66.07	65.17	63.74	61.56	60.06	57.65	53.07	49.76	46.23	43.82	45.18
250.0	64.27	64.65	66.98	68.55	68.25	69.61	68.25	66.75	66.75	65.32	65.17	63.52	62.24	59.68	55.93	50.96	48.56	45.78	45.85
255.0	63.14	65.47	65.40	67.05	69.38	68.85	69.08	68.25	66.83	67.13	66.07	64.95	63.14	61.04	56.68	53.60	49.31	47.58	47.13
260.0	64.19	65.92	65.77	67.58	68.93	68.55	69.91	69.16	68.63	68.25	67.20	65.47	65.40	60.74	57.73	54.05	51.11	48.18	48.71
265.0	63.89	65.47	67.20	67.80	68.63	69.68	69.08	69.53	69.76	68.85	68.10	66.45	65.47	61.94	58.33	54.80	51.94	49.99	49.84
270.0	63.89	65.47	67.35	68.03	68.93	70.28	69.83	68.93	68.78	67.65	67.28	66.52	65.25	62.84	58.86	54.87	52.39	49.54	48.78
275.0	63.44	66.52	67.35	68.10	68.85	69.16	69.76	69.38	68.48	69.38	67.88	67.28	66.07	62.16	59.01	55.55	52.39	50.44	48.86
280.0	63.37	65.77	67.28	67.95	69.23	68.93	68.78	69.38	68.93	67.35	67.65	66.45	65.17	62.01	58.78	56.30	51.49	48.86	49.24
285.0	62.92	65.92	67.50	67.58	68.18	69.38	70.28	69.83	68.40	66.98	66.45	66.15	65.55	62.39	57.50	54.05	49.99	47.81	47.06
290.0	63.74	64.80	65.92	68.10	68.48	69.31	69.16	67.43	67.73	67.13	66.00	65.10	63.14	60.44	56.15	52.17	48.93		

# 附錄十 樣品 7-2 配光曲線實驗數據-光強度數據表

(單位：cd)

C/γ(°)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
0.0	63.89	64.72	65.62	66.67	66.07	65.62	62.09	57.50	52.84	47.88	43.15	37.81	33.07	26.91	20.22	15.03	10.30	5.26	2.86
5.0	62.77	64.57	66.22	66.22	65.55	65.32	61.49	58.26	52.77	49.39	45.70	38.71	33.00	27.36	21.80	16.39	13.53	7.74	4.59
10.0	64.42	65.02	66.22	66.30	65.47	64.80	62.54	59.01	54.20	49.39	44.50	40.97	34.35	29.92	24.58	20.67	15.41	11.28	6.99
15.0	63.07	65.62	65.25	66.15	66.90	65.77	62.32	59.23	54.72	51.72	46.53	42.92	38.19	32.47	27.44	23.75	19.02	13.91	9.92
20.0	63.44	64.27	66.15	66.15	66.30	65.70	62.54	60.74	57.80	51.94	49.31	43.60	39.01	34.35	31.12	25.48	24.13	17.59	13.83
25.0	63.67	64.57	65.47	66.90	67.28	67.58	64.57	61.41	57.96	53.67	51.34	46.15	42.77	37.13	33.83	30.52	26.53	19.62	16.69
30.0	61.94	64.04	66.90	68.40	66.52	67.28	65.77	63.07	59.83	55.17	53.14	49.39	46.38	41.42	38.41	33.90	29.02	24.58	21.57
35.0	63.22	65.10	66.60	68.03	67.80	67.65	66.00	63.97	61.34	57.20	54.72	51.27	48.86	43.15	40.82	37.96	32.92	27.74	24.88
40.0	63.67	65.25	66.00	68.25	68.93	68.25	67.73	65.40	63.14	58.86	57.28	54.50	51.42	47.36	45.25	40.67	35.03	32.17	28.04
45.0	63.37	65.17	66.15	68.25	68.55	68.48	67.88	67.13	63.89	61.34	59.31	55.93	53.67	49.91	47.73	44.27	38.71	34.80	32.17
50.0	63.07	65.17	68.10	68.63	69.01	70.06	69.46	67.73	66.30	63.29	60.51	58.41	56.60	53.97	50.89	46.76	41.94	38.04	35.33
55.0	63.67	65.02	66.60	68.63	69.61	70.73	69.68	67.20	67.43	64.34	63.89	60.59	58.63	56.53	53.67	48.78	44.95	41.64	38.11
60.0	63.37	65.40	66.52	69.01	69.68	71.79	70.96	69.83	68.10	65.40	63.52	62.92	61.11	58.11	56.08	51.27	47.88	44.42	42.17
65.0	63.37	64.65	67.80	69.38	70.88	72.54	72.61	69.53	69.31	67.20	66.60	63.97	63.44	59.68	57.96	53.22	49.31	45.55	43.67
70.0	64.42	64.95	67.50	69.23	71.56	72.31	72.24	72.54	69.98	68.40	67.95	65.92	65.17	61.41	59.46	54.35	51.64	47.06	45.78
75.0	63.89	65.17	67.88	69.61	70.51	72.69	72.54	71.34	70.36	69.68	67.58	67.05	66.07	63.74	60.66	56.53	53.29	49.16	47.28
80.0	63.22	65.17	67.43	70.36	71.64	73.82	72.54	71.11	71.18	68.93	68.93	67.73	66.67	63.89	61.49	56.68	52.92	50.81	47.96
85.0	64.57	65.32	67.88	69.53	70.96	72.69	72.69	73.21	70.73	69.76	69.38	67.88	66.60	65.10	61.11	56.90	53.90	51.49	49.24
90.0	64.27	64.57	67.35	69.38	71.11	73.59	73.14	72.09	69.98	69.23	69.16	68.55	66.37	65.70	62.47	57.88	54.65	50.44	49.24
95.0	62.92	65.47	67.50	69.76	70.96	72.39	72.24	71.41	71.03	69.46	67.88	67.58	65.85	63.29	61.56	57.28	54.50	51.27	48.71
100.0	63.59	65.70	67.28	68.48	70.43	71.94	71.34	71.11	69.91	68.40	68.70	66.98	65.85	62.09	59.83	55.47	52.84	51.04	47.73
105.0	63.89	63.74	66.37	69.46	70.81	71.49	71.56	69.98	69.01	68.25	66.67	66.67	64.04	61.56	59.61	54.87	52.17	49.24	46.76
110.0	63.89	64.34	65.85	68.18	71.03	71.18	70.51	68.40	68.10	66.75	66.22	64.19	63.07	59.83	57.20	53.52	49.31	46.15	44.35
115.0	64.72	64.87	67.05	68.93	69.16	69.46	68.93	67.05	66.67	65.25	63.89	62.24	59.53	57.88	55.85	50.96	47.36	43.90	42.92
120.0	63.44	64.87	64.95	67.28	68.10	69.38	68.18	67.50	64.72	62.47	61.19	59.46	59.31	55.40	52.47	48.71	45.03	41.42	40.67
125.0	63.74	64.19	65.62	67.20	68.18	69.61	67.28	66.37	63.07	60.74	59.91	57.28	54.95	53.22	49.31	45.40	41.04	38.86	38.34
130.0	63.82	65.10	65.02	67.43	68.33	66.45	66.07	63.97	60.89	59.53	55.93	55.78	53.45	49.84	46.00	42.70	36.91	36.23	34.35
135.0	62.92	64.42	65.92	66.75	65.92	65.55	65.10	62.99	60.81	57.65	54.27	52.99	48.78	46.68	43.22	39.69	35.40	32.55	31.57
140.0	63.29	65.32	65.02	66.60	66.45	65.02	63.07	62.24	58.56	55.62	52.54	49.46	46.23	44.27	41.19	34.05	30.74	28.26	27.36
145.0	63.07	65.17	64.19	65.47	65.02	63.37	62.39	59.16	57.35	53.22	48.86	45.78	43.67	40.22	36.38	31.72	26.99	23.68	24.73
150.0	64.12	63.44	65.25	66.30	65.62	63.82	61.64	59.01	56.00	49.46	48.41	43.97	39.39	36.38	32.92	29.02	22.25	20.90	20.67
155.0	63.59	64.27	65.32	65.92	64.27	64.04	60.74	57.88	52.47	48.26	46.60	40.37	36.61	32.55	29.22	23.90	20.07	17.06	15.64
160.0	63.89	64.34	64.27	64.65	64.49	62.77	59.23	55.32	51.72	47.73	43.37	38.26	33.83	30.22	24.58	20.90	15.79	11.88	13.15
165.0	63.74	64.80	65.02	64.80	64.19	62.01	58.71	54.42	49.84	46.23	41.12	35.48	30.82	26.16	22.63	17.66	13.61	8.95	8.79
170.0	62.69	63.97	64.57	64.65	62.92	60.89	57.35	53.22	48.86	43.07	38.71	33.15	28.79	23.98	18.94	13.61	9.92	5.79	5.19
175.0	63.82	64.34	64.49	64.04	63.59	61.64	57.43	53.45	48.41	43.75	38.19	32.40	27.51	20.52	16.01	11.05	6.99	4.36	2.48
180.0	63.14	63.89	65.25	65.62	63.44	60.06	56.68	53.82	47.21	42.92	37.81	31.95	26.53	20.52	14.73	9.55	5.71	2.48	2.63
185.0	62.54	63.89	63.44	63.44	62.92	61.41	58.18	53.90	49.39	43.90	39.84	33.45	26.61	21.50	16.69	11.05	7.29	3.23	2.48
190.0	62.54	63.97	63.22	62.92	62.92	62.09	58.71	54.12	50.66	45.18	39.61	34.20	29.84	23.83	19.47	13.83	9.77	5.94	5.41
195.0	63.59	63.52	64.12	64.27	63.44	62.47	59.08	54.80	51.27	46.60	41.19	35.48	31.12	26.99	22.78	18.34	12.70	9.17	8.12
200.0	62.47	62.77	64.57	63.74	62.24	61.56	59.16	56.15	52.39	47.13	42.55	38.64	34.35	29.54	26.53	20.22	16.16	13.38	12.18
205.0	63.07	64.42	63.22	63.97	63.74	61.94	61.49	56.53	53.97	50.06	46.76	41.57	38.34	33.90	30.37	24.73	18.94	16.84	16.69
210.0	62.62	64.12	64.49	65.40	64.34	63.97	62.32	58.41	55.25	51.94	48.18	44.58	40.29	37.21	32.40	26.68	21.65	19.69	19.92
215.0	61.49	65.02	64.80	64.72	66.15	65.25	63.59	60.21	56.15	53.22	49.99	47.58	43.67	39.76	34.88	30.37	26.08	24.58	23.60
220.0	63.82	63.52	64.72	65.47	65.47	64.87	63.67	62.77	59.08	55.78	52.47	49.76	46.30	43.82	38.49	33.75	29.84	28.41	26.61
225.0	64.27	64.57	64.87	66.15	67.50	65.92	65.70	63.74	59.23	57.50	55.25	53.14	49.61	46.60	42.47	36.38	34.88	30.97	30.74
230.0	63.44	64.49	65.25	65.85	67.05	66.90	66.67	65.25	61.79	60.36	57.13	55.32	52.47	49.54	44.80	39.84	37.43	34.43	34.43
235.0	63.74	64.72	66.07	66.75	68.25	68.10	67.13	65.55	63.14	62.84	59.23	57.50	55.62	52.02	47.73	43.75	39.39	37.13	37.06
240.0	62.77	64.04	64.95	67.80	68.40	69.08	69.83	66.60	65.25	63.89	61.64	59.83	56.68	53.82	49.16	45.70	42.77	41.42	39.39
245.0	63.37	63.97	66.07	68.03	69.01	69.53	70.21	68.10	67.05	64.42	63.67	61.19	59.16	56.68	51.72	49.16	44.73	43.15	43.15
250.0	63.89	64.34	66.67	67.88	69.23	70.43	70.28	68.85	68.10	66.30	65.85	62.62	61.56	57.96	53.60	49.09	46.60	45.33	45.03
255.0	62.84	64.80	67.58	69.16	69.83	70.96	72.09	69.68	68.85	67.95	65.47	64.72	62.47	59.61	55.85	51.64	48.33	45.85	45.78
260.0	63.82	64.34	66.22	68.93	70.43	70.96	72.24	70.36	70.06	68.78	67.95	67.20	64.57	61.19	56.68	52.92	50.36	47.36	48.11
265.0	64.34	64.65	66.75	68.70	70.88	72.69	73.21	72.39	69.76	69.68	68.63	66.60	64.80	62.69	57.88	54.05	51.11	48.93	48.63
270.0	63.29	64.49	67.73	69.68	70.88	71.71	72.84	71.11	70.81	69.61	68.70	67.43	65.10	62.54	57.50	54.80	51.87	47.66	48.78
275.0	62.54	65.55	66.60	69.53	71.56	72.24	72.16	71.41	71.41	68.33	68.63	67.20	65.25	61.41	58.86	54.72	51.49	48.63	48.11
280.0	63.67	64.19	67.80	69.98	70.66	71.94	71.71	70.13	70.06	69.23	68.78	66.67	64.72	61.86	58.63	54.42	50.66	49.09	47.58
285.0	63.74	66.60	67.20	69.38	70.28	72.09	71.94	70.43	70.36	67.73	66.45	66.30	63.44	61.19	57.73	51.94	49.61	47.21	46.38
290.0	64.34	65.70	67.35	69.01	69.61	72.09	72.39	71.41	68.85	67.43	65.92	64.95	62.69	60.29	56.15	52.54	49.31	44.7	